



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Utilización de un Elemento Prefabricado en el Diseño del Pavimento Rígido
en la pista del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de
Marcona, Ica – 2017”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

AUTOR
LEANDRO CESAR LOAYZA GUTIERREZ

ASESOR
MG. FELIMON DOMINGO CORDOVA SALCEDO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

LIMA – PERÚ
2017

PÁGINA DEL JURADO

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : FO6-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---


El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a) **LOAYZA GUTIERREZ, LEANDRO CÉSAR**.

Cuyo título es:

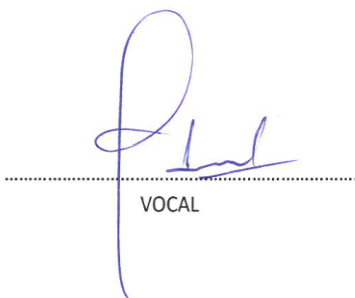
"Utilización de un Elemento Prefabricado en el Diseño del Pavimento Rígido en la pista del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica - 2017".

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:16..... (Número).....BUENO..... (Letras).

Lima 03 de julio del 2018.


PRESIDENTE


SECRETARIO


VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

Presidente: MSc. LUIS VARGAS CHACALTANA
Secretario: MSc. ORLANDO HUGO RÍOS DÍAZ
Vocal: MSc. FELIMON CÓRDOVA SALCEDO

DEDICATORIA

A Dios, que con su infinita bondad nos ha iluminado para superar los obstáculos, tanto en nuestra vida profesional como familiar, a nuestros padres, y familia, por su ejemplo y razón de ser perseverantes. A nuestros instructores y asesores quienes, con su amor y visión, fueron quienes nos acompañaron durante todo el proceso de esta apasionante carrera y nos apoyaron en el logro de este Desarrollo de Proyecto de Investigación.

AGRADECIMIENTO

Por su amor incondicional a Dios; por su comprensión y dedicación a mi familia; por su aporte técnico y facilidades de ingreso en la Base Aeronaval para efectos de obtención de muestras de campo para los ensayos requeridos en el desarrollo de la presente investigación al Comandante del Escuadrón Aeronaval N° 31, Capitán de Fragata Juan PATIÑO Ponce; y a nuestros asesores y docente de curso por su orientación y aporte integral de experiencias para el cumplimiento de este trabajo.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Leandro Cesar LOAYZA Gutierrez, estudiante perteneciente a la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 43794600, con la presente tesis, titulada “UTILIZACIÓN DE UN ELEMENTO PREFABRICADO EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA, ICA - 2017”. Declaro bajo juramento que:

1. La tesis que a continuación presento, es de mi autoría.
2. He respetado las referencias y citas de las fuentes consultadas, bajo normas internacionales. Por lo tanto, la presente tesis no ha sido plagiada ni en forma parcial o total.
3. La tesis no ha sido auto-plagiado por el autor; es decir, no está publicada ni presentada anteriormente, para poder lograr algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos que se presentan en los resultados del presente trabajo son reales pues, no han sido duplicados, ni falseados, ni copiados y por lo tanto, los resultados que se presentan en la siguiente tesis se constituyen como aportes a la realidad investigada. De identificarse las faltas de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), auto-plagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya haya sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Lima 10 de Junio del 2018

.....
Leandro Cesar LOAYZA Gutierrez
DNI N° 43794600

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la presente Tesis titulada “Utilización de un elemento prefabricado en el diseño del pavimento rígido en la pista del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para poder obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Leandro Cesar LOAYZA Gutierrez
El autor

RESUMEN

El presente Proyecto tiene la finalidad principal, de determinar la utilización de un elemento prefabricado para mitigar las fallas comunes y optimizar el espesor de pavimento rígido modificado en el diseño de la pista de aterrizajes en el aeródromo de la Base Naval de Marcona, proponiendo una con mayor resistencia, durabilidad y de bajo mantenimiento. De la misma manera se hará la verificación del Suelo de Fundación para determinar y optimizar su diseño del pavimento. Se ha utilizado como instrumento los ensayos realizados en el laboratorio de concreto TECNILAB y de Suelos de la Universidad Nacional Federico de Villareal, de esta manera, lográndose apreciar mejores resultados en comparación de un pavimento convencional, se pudo comprobar que su resistencia adicional en el concreto y que fue obtenido en el curado a 28 días es del 67.14%, asegurando la estabilidad de asiento y flexión a la hora de aterrizaje de las aeronaves de mayor porte. Es importante mencionar que el pavimento rígido, no solo nos ofrece una mayor resistencia en relación al pavimento flexible, sino que nos brinda una mayor vida útil, con gastos de mantenimiento mínimo, obteniéndose más solidez ante las deformaciones frecuentes, producto de las cargas que se reciben en las tareas de aterrizaje de las aeronaves. Finalmente se determina el diseño, y adicionalmente con un Sistema Dowels (modificado) el cual nos ofrece un servicio de vida útil de 50 años, una mejor transmisión de carga generada debido al aterrizaje a comparación de un pavimento flexible, que tiende a concentrar las cargas, el de concreto, por su naturaleza que es rígida, absorbe las cargas de una manera distribuida, con un costo de mantenimiento 45% menor que los flexibles, un buen servicio, y a la vez no es agresivo al medioambiente.

Palabras claves: Resistencia, Compresión, Concreto, Pasadores, y Rígido.

ABSTRACT

The main purpose of this Project is to determine the use of a prefabricated element to mitigate common faults and optimize the thickness of modified rigid pavement in the design of the runway at the Marcona Naval Airfield, proposing one with greater resistance, durability and low maintenance. In the same way you will verify the Foundation Floor to determine and optimize your pavement design. The tests carried out in the TECNILAB concrete and soils laboratories of the Federico Villareal National University have been used as an instrument, thus, achieving better results compared to a conventional pavement, it was found that their additional resistance in the concrete and that was obtained in the curing at 28 days is 67.14%, ensuring the stability of seat and bending at the time of landing of the largest aircraft. It is important to mention that the rigid pavement, not only offers us a greater resistance in relation to the flexible pavement, but also gives us a longer useful life, with minimal maintenance costs, obtaining more solidity in the face of frequent deformations, product of the loads that are they receive in the tasks of landing of the aircraft. Finally the design is determined, and additionally with a Dowels System (modified) which offers us a service life of 50 years, a better transmission of load generated due to the landing compared to a flexible pavement, which tends to concentrate the loads, the concrete, by its nature that is rigid, absorbs the loads in a distributed way, with a cost of maintenance 45% less than the flexible, a good service, and at the same time is not aggressive to the environment.

Keywords: Resistance, Compression, Concrete, Dowels, y Rigid.

.

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	18
1.1. Realidad problemática	19
1.2. Trabajos previos	26
1.2.1. Nacionales	26
1.2.2. Internacionales	27
1.3. Teorías relacionadas al tema	28
1.3.1. Pavimento	28
1.3.2. Pavimento rígido	29
1.3.3. Tipos de pavimento rígido	30
a) Losas de Concreto Simple	30
b) Losas de Concreto Reforzado	31
1.3.4. Dimensionamiento del espesor en el pavimento rígido	31
1.3.5. Sistema Dowels	32
1.3.6. Segmentación o Mallado del Pavimento Rígido	34
1.3.7. Fallas comunes en los pavimentos rígidos	35
1.3.8. Fisuras en los pavimentos rígidos.	36
1.3.9. Ensayo de Resistencia Concreto NTP 339.034 (ASTM C-39)	37
1.3.9.1. Resistencia a la compresión testigos cilíndricos	37
1.3.9.2. Importancia y aplicación	38
1.3.9.3. Espécimen de ensayo	39
1.3.9.4. Resumen procedimiento	40
1.3.9.5. Requerimientos para solicitudes	41
1.4. Factores considerados en el Diseño de Pavimentos Rígidos	42
1.4.1. Durabilidad y resistencia del concreto a la compresión y flexión	42
1.4.2. Esfuerzos originados por la variación de temperatura	44
1.4.2.1. Alabeo causado por gradiente térmico.	44
1.4.2.2. Contracción durante el fraguado.	44
1.4.2.3. Expansión y contracción en el pavimento rígido.	45
1.4.3. Esfuerzos originados por los cambios de humedad.	46

1.4.3.1.	Alabeo en los pavimentos rígidos.	46
1.4.4.	Esfuerzos originados por las cargas de tránsito	47
1.4.5.	Estructuración de las juntas en pavimentos rígidos	48
1.4.6.	Coeficiente de drenaje en el pavimento rígido	49
1.5.	Normas para la mecánica de suelos	50
1.5.1.	Norma (ASTM D - 2487) - Clasificación	50
1.5.2.	Norma (ASTM D - 422) – Granulometría	56
1.5.3.	Norma (ASTM D - 4318) - Límites	58
1.6.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	61
1.6.1.	Problema general	61
1.6.2.	Problemas específicos	61
1.7.	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	62
1.7.1.	Metodología	62
1.7.2.	Práctica	62
1.8.	HIPÓTESIS	63
1.8.1.	Hipótesis general	63
1.8.2.	Hipótesis específicas	63
1.9.	OBJETIVOS	66
1.9.1.	Objetivo general	66
1.9.2.	Objetivos específicos	66
II.	MÉTODO	67
2.1.	Diseño del Desarrollo de Proyecto de Investigación	68
2.1.1.	Diseño	68
2.1.2.	Tipo de Investigación	69
2.1.3.	Nivel de Investigación	70
2.1.4.	Método de Investigación	71
2.2.	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	73
	<i>Operacionalización en la Variable Independiente</i>	73
	Utilización de un elemento prefabricado en el pavimento rígido	73
	<i>Operacionalización de la Variable Dependiente</i>	74
	Diseño de un pavimento rígido	74
2.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	75
2.3.1.	Población	75
2.3.2.	Muestra	75
2.3.3.	Muestreo	75
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	76

2.4.1.	Técnica	76
2.4.2.	Instrumentos	76
2.4.2.1.	Variable 1 (Independiente)	76
	Utilización del elemento prefabricado	76
2.4.2.1.	Variable 2 (Dependiente)	77
	Diseño de un pavimento rígido	77
2.4.3.	Recolección de datos (Ensayos) que serán realizados por el Tesista	78
2.4.4.	Instrumentos de Recolección de Datos	79
2.4.5.	Ensayo de Resistencia a la Compresión ASTM C-39	79
2.4.6.	Ensayo Granulométrico ASTM D-422, Ensayo de Clasificación de Suelos ASTM D-2487, y Ensayo de Límites ASTM D-4318	86
2.4.7.	Validez	92
2.4.8.	Confiabilidad	93
2.5.	ASPECTOS ÉTICOS	93
III.	RESULTADOS	94
3.1.	DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO	95
3.1.1.	Resistencia requerida del concreto del proyecto.	96
3.1.2.	Estudios Previos del área donde va a ubicarse el proyecto.	96
3.1.3.	Descripción Geotécnica.	98
3.1.4.	Manuales Técnicos de Referencia.	99
3.1.5.	Normas de Referencia.	100
3.1.6.	Asignación de clave de referencia. Norma: DOC 9157	100
3.1.7.	Aeronaves permitidas según la Norma: DOC 9157	101
3.1.8.	Ancho de pista establecido por la Norma: DOC 9157	103
3.1.9.	Longitud de Franja de pista establecida. Norma: DOC 9157	104
3.1.10.	Ancho de Franja de pista establecido por Norma: DOC 9157	104
3.1.11.	Dimensiones de la plataforma de viraje. Norma: DOC 9157	105
3.1.12.	CBR, Mr y k, del suelo de fundación	107
3.1.13.	Estimación del espesor de la subrasante	109
3.1.14.	Estimación del espesor de la base	110
3.1.15.	Coeficiente de drenaje en la Base de un pavimento rígido	111
3.1.16.	Estimación del espesor del Pavimento Rígido	112
3.1.17.	Pendientes de la Pista	115
3.1.17.1.	Pendientes longitudinales	115
3.1.17.2.	Cambios de pendiente longitudinal	116
3.1.17.3.	Pendientes transversales	116

3.1.18.	Resistencia del Pavimento Rígido	117
3.1.18.1.	Determinación del ACN-PCN	117
3.1.19.	Dimensiones finales de diseño del Pavimento Rígido	121
3.1.20.	Cálculo de la cantidad de losas requeridas	122
3.1.21.	Establecimiento del mallado	122
3.1.22.	Establecimiento del Sistema Dowel	124
3.1.23.	Establecimiento de las juntas	127
3.1.23.1.	Establecimiento de las Juntas Longitudinales	128
3.1.23.2.	Establecimiento de la separación de Juntas Transversales	129
3.1.23.3.	Establecimiento de las Juntas Transversales de dilatación	130
3.1.23.4.	Establecimiento de las Juntas Transversales de contracción	131
3.1.23.5.	Establecimiento de las Juntas Transversales de construcción	132
3.1.23.6.	Recomendaciones en el Sellado de las juntas	133
3.1.23.7.	Texturizado y curado del pavimento rígido	137
3.2.	Resultados de los Ensayos de Resistencia a la Compresión de Concreto	138
3.2.1.	Resultados de los Ensayos: (1) día	138
3.2.1.1.	Interpretación de resultados: (1) día	138
3.2.2.	Resultados de los Ensayos: (3) días	140
3.2.2.1.	Interpretación de resultados: (3) días	141
3.2.3.	Resultados de los Ensayos: (7) días	142
3.2.3.1.	Interpretación de resultados: (7) días	142
3.2.4.	Resultados de los Ensayos: (28) días	144
3.2.4.1.	Interpretación de resultados: (28) días	145
3.2.	Resultados de los Ensayos de Suelos (Suelo de fundación)	147
3.2.1.	Resultados de los ensayos de suelo: Calicata N° 1	148
3.2.1.1.	INTERPRETACIÓN: ENSAYO DE SUELO DE LA CALICATA 1	149
3.2.2.	Resultados de los ensayos de suelo: Calicata N° 2	151
3.2.2.1.	INTERPRETACIÓN: ENSAYO DE SUELO DE LA CALICATA 2	152
3.2.3.	Resultados de los ensayos de suelo: Calicata N° 3	154
3.2.3.1.	INTERPRETACIÓN: ENSAYO DE SUELO DE LA CALICATA 3	155
3.3.	Análisis de Precios Unitarios	157
3.2.1.	Obras Provisionales	157
3.2.2.	Trabajos Preliminares	158
3.2.3.	Movimiento de Tierra	158
3.2.4.	Pavimento	159
3.2.5.	Pintura	165
3.2.6.	Presupuesto total del Pavimento Rígido	166

IV. DISCUSIÓN	167
V. CONCLUSIONES	178
VI. RECOMENDACIONES	180
VII. REFERENCIAS	182
ANEXOS	185
<i>Anexo 1:</i> Comprobante de pago por los ensayos de Laboratorio.	186
<i>Anexo 2:</i> Resultados Generales Ensayo de Compresión de las Probetas	187
<i>Anexo 3:</i> Resultados Generales Ensayo de Compresión de las Probetas (1) día	188
<i>Anexo 4:</i> Resultados Generales Ensayo de Compresión de las Probetas (3) días	189
<i>Anexo 5:</i> Resultados Generales Ensayo de Compresión de las Probetas (7) días	190
<i>Anexo 6:</i> Resultados Generales Ensayo de Compresión de las Probetas (28) días	191
<i>Anexo 7:</i> Vale de Internamiento de las muestras en el Laboratorio de Suelos.	192
<i>Anexo 8:</i> Certificado de Calibración de la Prensa de Concreto	193
<i>Anexo 8:</i> Comprobante de pago por los ensayos de Laboratorio de Suelos.	194
<i>Anexo 9:</i> Comprobante de pago por los ensayos de Laboratorio de Suelos.	195
<i>Anexo 10:</i> Comprobante de pago por los ensayos de Laboratorio de Suelos.	196
<i>Anexo 11:</i> Certificado de Calibración de Balanza 1.	197
<i>Anexo 12:</i> Certificado de Calibración de Balanza 2.	198
<i>Anexo 13:</i> Certificado de ensayo de Laboratorio de Suelos – Calicata 1.	199
<i>Anexo 14:</i> Certificado de ensayo de Laboratorio de Suelos – Calicata 2.	200
<i>Anexo 15:</i> Certificado de ensayo de Laboratorio de Suelos – Calicata 3.	201
<i>Anexo 16:</i> Plano detallado del Diseño del Pavimento Rígido.	202
<i>Anexo 17:</i> Matriz de Consistencia del Proyecto de Investigación	203
<i>Anexo 18:</i> Autorización de la versión final del trabajo.	204
<i>Anexo 19:</i> Acta de originalidad de la tesis.	205
<i>Anexo 20:</i> Autorización de publicación de tesis en Repositorio.	206
<i>Anexo 21:</i> Pantallazo del Turnitin.	207

INDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: Ubicación geográfica del lugar donde se hará el proyecto.	19
Figura 2: Vista aérea - Google Earth de la ubicación del Proyecto.	21
Figura 3: Visita a la Base Aeronaval de San Juan de Marcona – Nazca - Ica. Abril 2018.....	22
Figura 4: Diagrama de Ishikawa: Realidad actual del Aeródromo de Marcona.	23
Figura 5: Tipo de Pavimentos según su estructura	29
Figura 6: Sección transversal convencional de un Pavimento Rígido.....	29
Figura 7: Losas de Concreto Simple.....	30
Figura 8: Losas de Concreto Simple.....	31
Figura 9: Ubicación transversal del Sistema Dowels en un Pavimento Rígido.	32
Figura 10: Desalineamiento de las barras pasajuntas.....	33
Figura 11: Uso de un mallado electrosoldado en un Pavimento Rígido.....	34
Figura 12: Detalle convencional de un Pavimento Rígido.	34
Figura 13: Segmentación de un Pavimento Rígido con EverFe 2.25.....	35
Figura 14: Segmentación de un Pavimento Rígido con EverFe 2.25.....	36
Figura 15: Detalle convencional de un Pavimento Rígido.....	38
Figura 16: Mínimo determinado de especímenes de ensayo 0.15x0.30.	40
Figura 17: Mínimo determinado de especímenes de ensayo 0.10x0.20.	40
Figura 18: Aplicación de la carga de compresión uniaxial a los cilindros moldeados.....	41
Figura 19: Marcado e identificación de probetas.....	42
Figura 20: Sistema Unificado de la Clasificación de Suelos	51
Figura 21: Sistema Unificado de la Clasificación de Suelos	53
Figura 22: Sistema Unificado de la Clasificación de Suelos	54
Figura 23: Carta de Casagrande – Suelos finos y Límites de Plasticidad.....	55
Figura 24: Curva o Distribución Granulométrica	57
Figura 25: Ensayo de Límite Líquido	58
Figura 26: Ensayo de Límite Líquido	58
Figura 27: Ensayo de Límite Plástico	59
Figura 28: Diseño de Investigación	69
Figura 29: Preparación de los especímenes.....	80
Figura 30: Varilla compactadora utilizada en el moldeado	80
Figura 31: Retiro del molde de los testigos cilíndricos.	81
Figura 32: Laboratorio de Ensayos de Concreto.	82
Figura 33: Inmersión de probetas de la zona de curado.	83
Figura 34: Retiro de probetas de la zona curado.	83
Figura 35: Espécimen sometido a Ensayo de Compresión, EDAD: UN (1) día.....	84
Figura 36: Espécimen sometido a Ensayo de Compresión, EDAD: TRES (3) días.....	84
Figura 37: Espécimen sometido a Ensayo de Compresión, EDAD: SIETE (7) días	85
Figura 38: Espécimen sometido a Ensayo de Compresión, EDAD: (28) días.....	85
Figura 39: Máquina Prensa de Concreto Modelo STYE - 2000	86
Figura 40: Visita a la Base Aeronaval de Marcona.	87
Figura 41: Tipo de suelo de 0.00m a 0.15m en la Pista de aterrizaje no pavimentada.....	87
Figura 42: Visita a la Base Aeronaval de Marcona, para recoger las muestras de suelos.	87
Figura 43: Excavación de las calicatas en la pista de aterrizaje no pavimentada.....	88
Figura 44: Calicata 1, Calicata 2 y Calicata 3 en la pista de aterrizaje no pavimentada	88
Figura 45: Término de trabajos efectuados en la pista de aterrizaje de Marcona.	88
Figura 46: Término de trabajos en la pista de aterrizaje de Marcona	89
Figura 47: Pesado de las muestras de las calicatas del suelo del aeródromo de Marcona.....	89
Figura 48: Armado de los tamices.	90
Figura 49: Tamizado de la muestra para la granulometría del suelo.	90
Figura 50: Pesado de las muestras que pasaron el tamiz N° 4.	91

Figura 51: Pesado de las muestras que fueron secados con el horno	91
Figura 52: Mapa geológico del Distrito de Marcona	97
Figura 53: Descripción Geotécnica de las 3 calicatas.....	99
Figura 54: Dimensiones generales del Proyecto de Pista de Aterrizaje 4D.....	105
Figura 55: Dimensiones mínimas de la Plataforma de Viraje para una pista 4D.....	106
Figura 56: Configuración propuesta de la Plataforma de Viraje para una pista 4D.....	106
Figura 57: Guía AASHTO-93. Diseño de estructuras de pavimento. Relación aproximada de las 3 calicatas por su clasificación suelo, valores del CBR y K.....	107
Figura 58: Elementos principales de un pavimento rígido	112
Figura 59: Detalle Transversal del Pavimento	121
Figura 60: Aplicaciones de la Malla de ingeniería	122
Figura 61: Malla de ingeniería, electrosoldada a pedido del usuario.....	123
Figura 62: Otras aplicaciones del mallado de ingeniería – Aeropuerto, ciudad de México.....	123
Figura 63: Ubicación de la malla en cada losa	124
Figura 64: Ubicación de la canastilla Dowel.....	125
Figura 65: Esquema de aplicación.....	125
Figura 66: Esquema de aplicación.....	126
Figura 67: Moldeo Dowels en los Pavimentos de Concreto.....	127
Figura 68: Ubicación de las canastillas Dowels en los ejes Transversales.....	127
Figura 69: Identificación de Juntas Longitudinales y Transversales	128
Figura 70: Detalle de la Junta Longitudinal	129
Figura 71: Planta esquemática de las Juntas Longitudinales.....	129
Figura 72: Disposición de juntas de dilatación y de contracción en pozos de registro	130
Figura 73: Detalle de la Junta Transversal de Dilatación	131
Figura 74: Detalle de la Junta Transversal de Dilatación	131
Figura 75: Detalle de la Junta Transversal de Dilatación	132
Figura 76: Junta Transversal de Construcción con barra	132
Figura 77: Junta Longitudinal de Construcción con barra	132
Figura 78: Detalle general de un sellado de juntas.	134
Figura 79: Vida útil de una junta asfáltica (2años) y elástica (5-15años).....	134
Figura 80: Tipos de sellado como alternativa.....	135
Figura 81: Instalación típica del cordón de respaldo.	136
Figura 82: Lo que no se debe hacer en el sellado de Juntas	136
Figura 83: Texturizado y curado del pavimento rígido.....	137
Figura 84: Pista de aterrizaje en la Base Naval de San Juan de Marcona – 23 de abril del 2018	179

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación geográfica del lugar donde se hará el proyecto.	20
Tabla 2: Calidad y coeficiente de drenaje para Pavimentos Rígidos	50
Tabla 3: Estimados de precisión.....	60
Tabla 4: Operacionalización de la Variable Independiente.	73
Tabla 5: Operacionalización de la Variable Dependiente.	74
Tabla 6: Operacionalización de la Variable Independiente.	76
Tabla 7: Operacionalización de la Variable Dependiente.	77
Tabla 8: Ensayos que serán realizados en la Variable Dependiente por el tesista	78
Tabla 9: Objetivos del Ensayo ASTM C-39.....	79
Tabla 10: Datos para el ensayo ASTM C-39.....	81
Tabla 11: Edad de ensayos recomendados.....	82
Tabla 12: Políticas del Pavimento	95
Tabla 13: Clave de Referencia de Aeródromo.	101
Tabla 14: Clasificación de aviones por número y letra de clave.....	102
Tabla 15: Ancho establecido para una Pista de Aterrizaje	103
Tabla 16: Longitud de Franja de pista establecido para una Pista 4D.....	104
Tabla 17: Ancho de Franja de pista con aproximación de precisión para una pista 4D	105
Tabla 18: Ancho de Franja de pista con aproximación sin precisión para una pista 4D	105
Tabla 19: Correlación entre el tipo de material, CBR, y k de las 3 calicatas.....	108
Tabla 20: Categorías de subrasante	109
Tabla 21: Clasificación y usos del suelo de acuerdo a los valores de CBR.....	109
Tabla 22: Número de controles de compactación.....	110
Tabla 23: Requerimientos característicos del material de la Base.....	111
Tabla 24: Requerimientos Granulométricos para Base Granular	111
Tabla 25: Valores de Cd recomendados por la AASHTO para pavimentos rígidos	112
Tabla 26: ADTT permisible, Categoría 2 de Carga por Eje-Pavimentos con Dowels en las juntas	113
Tabla 27: Módulo de Reacción de la subrasante de diseño y valores de la base	114
Tabla 28: Espesor de hormigón con junta convencional.....	115
Tabla 29: Espesor de hormigón con junta convencional y junta Control de alabeo a 1,75 m	115
Tabla 30: Pendiente Longitudinal permitida en Pistas de Aterrizaje	115
Tabla 31: Pendiente permitida en Pistas de Aterrizaje.....	116
Tabla 32: Pendiente Transversal permitida en Pistas de Aterrizaje	116
Tabla 33: Clave de referencia para tipo de pavimento.....	118
Tabla 34: Clave de referencia para la Categoría de resistencia del suelo.....	118
Tabla 35: Clave para la Categoría de Presión Máxima permisible de los neumáticos	118
Tabla 36: Clave para el Método de Evaluación.....	119
Tabla 37: Tipos de Suelos de Sub-rasante y Valores Aproximados de k.....	120
Tabla 38: Dimensiones recomendables y máximas de las losas de un pavimento.....	121
Tabla 39: Cálculo de cantidad de losas requeridas	122
Tabla 40: Diámetros y Longitudes recomendados en pasadores	126
Tabla 41: Espaciamiento de Juntas Recomendado	130
Tabla 42: Granulometría de la Arena de Sello - ASTM C144	135
Tabla 43: Ensayos de resistencia del concreto, mínimo requeridos.....	138
Tabla 44: Datos para el ensayo ASTM C-39.....	138
Tabla 45: % de Resistencia del Ensayo de probetas. Edad (1) día.....	139
Tabla 46: % de Resistencia alcanzado a UN (1) día.	139
Tabla 47: Resultados del Ensayo de probetas. Edad (3) días	140
Tabla 48: % de Resistencia alcanzado a TRES (3) días.	140
Tabla 49: % de Resistencia del Ensayo de probetas. Edad (3) días	141
Tabla 50: Resultados del Ensayo de probetas. Edad (7) días.	142

Tabla 51: % de Resistencia del Ensayo de probetas. Edad (7) días.	143
Tabla 52: % de Resistencia alcanzado a SIETE (7) días.	143
Tabla 53: Resultados del Ensayo de probetas. Edad (28) días	144
Tabla 54: % de Resistencia alcanzado a 28 días.	144
Tabla 55: % de Resistencia del Ensayo de probetas. Edad (28) días.	145
Tabla 56: % de Resistencia alcanzado a través de los días.	146
Tabla 57: Resultados del Ensayo Granulométrico: Calicata N° 1.	148
Tabla 58: Resultados de la Curva Granulométrica: Calicata N° 1.	149
Tabla 59: Referencias del Coeficiente de Uniformidad: Calicata N° 1.	149
Tabla 60: Referencia del Coeficiente de Curvatura: Calicata N° 1.	149
Tabla 61: Análisis Suelos Método AASHTO.	150
Tabla 62: Análisis Suelos Método SUCS	151
Tabla 63: Resultados del Ensayo Granulométrico: Calicata N° 2.	151
Tabla 64: Resultados de la Curva Granulométrica: Calicata N° 2.	152
Tabla 65: Referencias del Coeficiente de Uniformidad: Calicata N° 2.	152
Tabla 66: Referencia del Coeficiente de Curvatura: Calicata N° 2.	152
Tabla 67: Análisis Suelos Método AASHTO.	153
Tabla 68: Análisis Suelos Método SUCS	154
Tabla 69: Resultados del Ensayo Granulométrico: Calicata N° 3.	154
Tabla 70: Resultados de la Curva Granulométrica: Calicata N° 3.	155
Tabla 71: Referencias del Coeficiente de Uniformidad: Calicata N° 3.	155
Tabla 72: Referencia del Coeficiente de Curvatura: Calicata N° 3.	155
Tabla 73: Análisis Suelos Método AASHTO.	156
Tabla 74: Análisis Suelos Método SUCS	157
Tabla 75: APU - Obras Provisionales.	158
Tabla 76: APU - Trabajos Preliminares.	158
Tabla 77: APU - Movimientos de Tierra	159
Tabla 78: APU - Pavimentos – Excavación SUBRASANTE	159
Tabla 79: APU - Pavimentos - Eliminación Mat Excedente.	160
Tabla 80: APU - Pavimentos - Compactado SUBRASANTE.	160
Tabla 81: APU - Pavimentos - SUBBASE e=0.30m.	161
Tabla 82: Cálculo de Material requerido para SUBBASE	162
Tabla 83: APU - Pavimentos - BASE e=0.25m	163
Tabla 84: Cálculo de Material requerido para BASE	163
Tabla 85: APU - Pavimentos - CONCRETO. e = 0.20m.	164
Tabla 86: Cálculo de Volumen de Concreto requerido.	164
Tabla 87: APU - Pintura de señalización	165
Tabla 88: Estimación de Presupuesto Requerido - Pavimento Rígido.	166

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En este Proyecto, se busca la finalidad del diseño de pavimento rígido con la utilización de un elemento prefabricado, en la pista de aterrizaje en el Tramo Km 0+000 hasta Km 2+000, con un ancho efectivo de 45m, ubicada en el aeródromo de la Base Naval ubicada en el distrito de Marcona – Nazca – Ica. En la actualidad, el aeródromo posee una pista pavimentada flexible en mal estado de conservación, con un desnivelado a lo largo de la pista, con cavidades y depresiones irregulares; este tipo de falla está catalogada como corrugación (también llamada “sartanejas”) visible por una continuidad de lomos, y concavidades que pasan a distancias muy regulares, menor a una distancia de los tres metros por tramo.

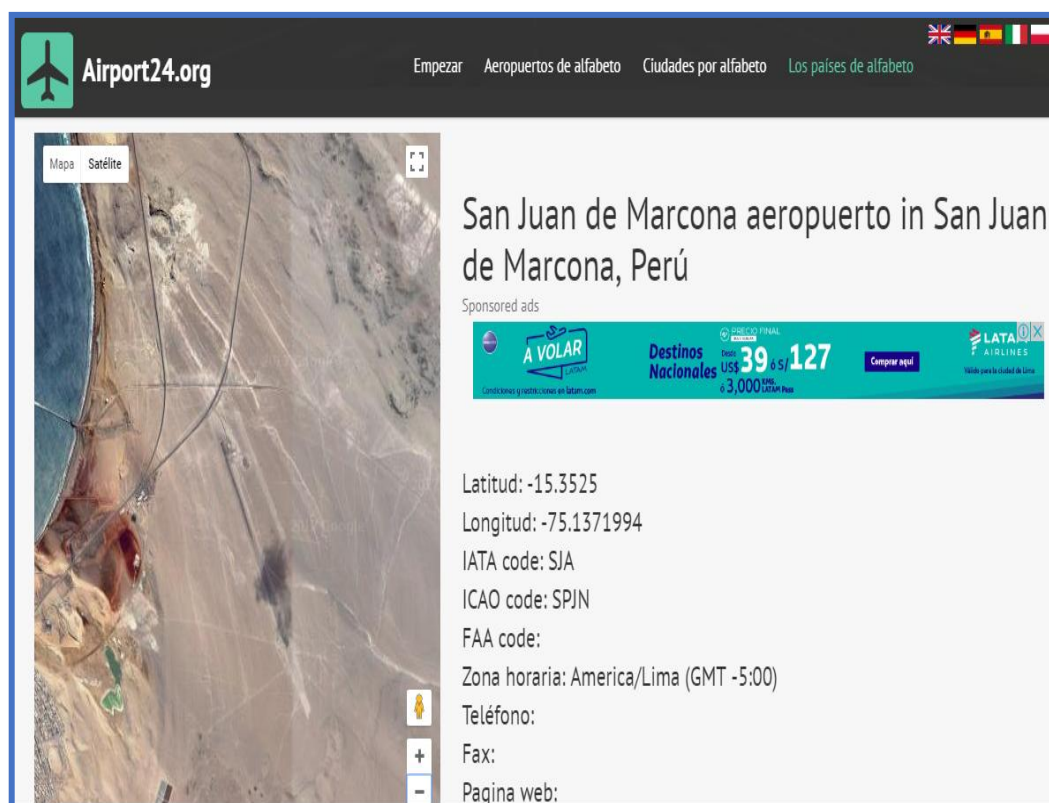


Figura 1: Ubicación geográfica del lugar donde se hará el proyecto.

Recuperado de <http://airport24.org/es/San-Juan-de-Marcona-aeropuerto-de-Per%C3%BA/id42947>

Este proyecto será situado en la Latitud 15°35'Sur y Longitud 75°14'Oeste, a 3500m al Este del pueblo de San Juan de Marcona, cuenta actualmente con una franja de pista de 2000m, con capacidad de resistencia de aterrizaje para una aeronave ANTONOV 32B, con capacidad de recarga de combustible Turbo A-1,

esta base tiene la pista de aterrizaje designada como 15/33 y está situada sobre una elevación de 144 pies (43.89 m) sobre el nivel de mar.

El aeródromo cuenta con una pista de aterrizaje con pavimento flexible en mal estado de conservación de 800 metros de longitud, y 1200 metros no pavimentado, con un ancho efectivo de 30 metros, no posee cercos perimetrales siendo mínimas las restricciones de seguridad y las operaciones de vuelos solo son limitados a los vuelos militares de transporte, navegación y de instrucción, observándose que el terreno no se encuentra saturado y su designación actual de PCN del terreno o suelo de fundación actual es: PCN21/F/A/Y/U que debemos entender como suelo de fundación o sub rasante de categoría:

Tabla 1: Ubicación geográfica del lugar donde se hará el proyecto.

PCN21	Número	Clasificación	de	CBR: 21
	Pavimentos.			
F:	Tipo de Pavimento.		Pavimento Flexible	
A:	Categoría de Resistencia Sub Rasante		Alta (CBR superior a 13)	
Y:	Categoría de Presión Máxima Permisible de los Neumáticos		Baja (Presión limitada a 1,00 MPa)	
U:	Método de evaluación		Aprovechamiento de la experiencia en la utilización de aeronaves en condiciones normales de empleo	

Fuente: Recuperado de <http://airport24.org/es/San-Juan-de-Marcona-aeropuerto-de-Per%C3%BA/id42947>

Su actual configuración geométrica, así como su estado estructural o superficial imposibilitan su operatividad en óptimas condiciones y restringen la entrada de aviones de carga o alto porte, limitándolo al uso de aeronaves de pequeño y mediana masa como lo están comprendidos las aeronaves, entre aviones y helicópteros de carga, instrucción, reconocimiento y pasajeros; constituyendo una zona estratégica del área sur del país. El habilitar esta estructura en su totalidad permitirá que se optimice hasta su máxima capacidad y soporte, la carga de aterrizaje hasta de una aeronave Boeing 737-500 (avión presidencial), siendo la aeronave de mayor porte, dentro de las Fuerzas Armadas en el Perú.

Este aeródromo, por sus dimensiones pavimentados actualmente, está considerado una pista de aterrizaje corto, limitando al personal de pilotos de las aeronaves que hagan utilización de la pista, el de aterrizar con mayor precisión a fin de

aprovechar al máximo las dimensiones del reducido y deteriorado pavimento asfáltico, considerando que tenemos el área y longitud disponible de hasta 2,000m de longitud y un ancho efectivo de 45m para ampliarlo con la finalidad de recuperar y optimizar sus capacidades actuales, para enmarcarlo en el concepto de renovación de la infraestructura de la pista en general.



Figura 2: Vista aérea - Google Earth de la ubicación del Proyecto.

Recuperado de <http://airport24.org/es/San-Juan-de-Marcona-aeropuerto-de-Per%C3%BA/id42947>

De esta visita, surge nuestra intención de contar con un proyecto a futuro para acondicionar, normalizar y optimizar la situación de este aeródromo, y aún a pesar de que es más costoso que el flexible, el pavimento rígido muestra excelentes ventajas. No obstante, inconstantemente se encuentran áreas idóneas que hasta nuestra naturaleza nos juega en contra, pero si la necesidad se hace evidente y

muy urgente el de contar con una pista para aterrizaje de aeronaves, su diseño podría alcanzar a un nivel alto de complejidad por decirlo así. En esta situación y por el lugar de ubicación de la pista de rodaje debemos considerar el viento como un factor a superar, ya sea para la construcción u operación y su posterior mantenimiento. En la parte económica tenemos como antecedente un Oficio interno de la Autoridad Naval, la cual fue aprobado en el año 2014 y en la cual se establece el concepto de desarrollo de la nueva pista del aeródromo, orientado a mantenerla como Establecimiento Secundario de Apoyo de Costa, con la finalidad de recuperar y optimizar sus capacidades actuales y en el año 2017, en relación al Decreto Supremo se aprueba el proyecto de re-estructuración en la modalidad de Inversión de Rehabilitación con la finalidad de dar continuidad a las Obras Públicas, a cargo de la entidad.

Este pavimento con diseño rígido se debe de hacer con relación a características de los suelos y su capacidad de soporte, adicional a la variedad de utilización y el diseño de aeronaves a utilizarse en la pista teniendo en cuenta la vida útil en 10 años. Se cuentan las estadísticas registradas de los vuelos, y los datos obtenidos de la Base Aeronaval que es el ente que administra el aeródromo.



Figura 3: Visita a la Base Aeronaval de San Juan de Marcona – Nazca - Ica. Abril 2018
Fuente: Tesista; Elaboración propia.

El pavimento actual de esta pista para aterrizaje del aeródromo en mención es del tipo flexible, fue construida en el año 2003, siendo apreciado la falla que hasta ahora perdura, este tipo de falla está catalogada como corrugación, y en las

labores ejecutadas por el suscrito, durante siete años en esta Base Aeronaval, se pudo apreciar esta problemática, y no fue hasta hace unos meses que se hace una nueva visita al aeródromo en mención, propiedad de la Base Aeronaval, siendo la última visita en abril del 2018.



Figura 4: Diagrama de Ishikawa: Realidad actual del Aeródromo de Marcona.

Fuente: Tesista; Elaboración propia.

Describimos la problemática actual a través de un Diagrama de Ishikawa, este Proyecto de Investigación estará basado en optimizar mitigar los hechos acaecidos en el deterioro y dimensiones de la pista de aterrizaje como podemos apreciar en el mencionado diagrama.

La Universidad Politécnica de Valencia nos orienta a que la Ingeniería Aeronáutica tiene como uno de sus principales objetivos el de diseñar de todos los tipos de aeródromos de tal manera que sea la más lógica posible. La posición, estructura y diseño de los aeródromos acostumbra a ser el inconveniente principal con los cuales tenemos que batallar. Los estudios cuidadosos y previos de los terrenos, obstáculos, ventarrones predominantes en la zona de construcción y otros parámetros de diseño son críticos para el emplazamiento significativo.

El Perú viene desarrollando una infraestructura vial muy importante para nuestro sistema en el transporte de personas y de cargas, comunicando así de esta manera a varios departamentos y regiones en el país, contando con 59 aeródromos pavimentados dentro de las 126 con que cuenta el país, según estadísticas de la CIA WORLD FACTBOOK a enero del 2013.

Por la ubicación de este proyecto, que es la costa centro del país, constituye una zona estratégica, cuya ejecución va a generar un impacto en la Región Sur, optimizando una mayor cobertura aérea en la costa sur para el Control de actividades ilícitas, Mitigación de desastres naturales, Abastecimiento logístico, Custodia de la vida en el mar, Apoyo a la gestión del gobierno local en su consolidación como polo de desarrollo integrado al Eje de la Carretera Interoceánica Sur que forma parte de la IIRSA-SUR (Integración de la Infraestructura en la Región Sudamericana – Sur), repercutiendo en las localidades del ámbito de influencia.

La Organización de la Aviación Civil Internacional (O.A.C.I.) nos da referencias para garantizar la durabilidad y estabilidad que debemos considerar en la construcción de pistas de aterrizaje, características técnicas de los tipos de rozamientos en las pistas, diferentes condiciones en el área de los movimientos, separaciones entre las pistas paralelas por si fuese necesario, la separación de distancias mínimas entre las pistas de los rodajes de aeronaves, tolerancias, superficie de la protección contra obstáculos, planificación de una emergencia en aeródromos, señales de los ejes de las pistas de control, rodaje y guía de los movimientos en la superficie, mantenimiento, datos técnicos de la resistencia necesaria de los pavimentos para aeronaves cuya masa en la rampa (plataforma) sea superior a los 5,700 kilos, mediante los métodos: ACN (Número Clasificadorio de las aeronaves), y el PCN (Número Clasificadorio de Pavimentos), categoría de la resistencia del suelo de instauración y el valor de las presiones máximas admisibles en los neumáticos.

Para Delgado, Fabiola y Quispe, Candy (2012, p. 140), el pavimento flexible: “normalmente requiere de un mantenimiento entre los 2 a 5 años, mientras que un

pavimento rígido (concreto) lo necesita a partir de los 10 años. El mantenimiento de 1Km de pavimento rígido se realiza en 3 días, mientras que en un pavimento asfáltico (flexible) se ejecuta en 4 días más. Los costos en el mantenimiento de los pavimentos rígidos (concreto) son hasta un 45% menor que la de un pavimento flexible”.

Dentro del mencionado proyecto se requiere hacer un diseño en la estructura de pavimento rígido, y que permitirá que el aeródromo pueda ser utilizado por una mayor cantidad y variedad de aeronaves. Mejorando la conectividad aérea no solo de la Región de Ica, sino con el resto del país. Esta estructura de pavimento consistirá en un compuesto de pavimento rígido o concreto de cemento portland unido verticalmente a otro pavimento flexible de mezcla asfáltica en caliente, y una posible optimización de la subrasante si las condiciones del terreno así lo requieran para evitar fallas en el pavimento ya evidente en su última construcción, como también su breve vida útil. Los Pavimentos Bituminosos o Flexibles son utilizados como una de las superficies de carpeta asfáltica o de rodadura, en este tipo de pavimentos se hallan las estructuras desde las más económicas hasta las más costosas y complicadas. Estamos considerando un diseño de pavimento rígido, en la que su base está construido de un suelo con cemento con altas resistencia y rigidez mecánica, su flexibilidad podría ausentarse y comportarse de una forma semi rígida o rígida, porque éstos están constituidos por diversas capas, de esta manera puede ser losas de concreto con cemento portland intercalados o el tradicional bituminoso, lo que va a depender del tipo de los tráfico que vaya a soportar, su uso está determinado en una forma vertical u horizontal, en este uso lo consideramos para rehabilitar o reconstruir pavimentos ya existentes. El Pavimento Rígido será diseñado con un previo análisis del terreno natural.

Es importante tomar en cuenta, las características tanto de operación como físicas de las aeronaves que hagan uso sobre la pista en mención, así como las consideraciones de ingeniería; costo y beneficio en la ejecución; los estudios del impacto ambiental, como también las normas aeronáuticas nacionales e internacionales.

1.2. Trabajos previos

El presente problema nos ayudará a definir un planteamiento y una justificación:

1.2.1. Nacionales

Delgado Egoávil, Fabiola y Quispe Villaverde, Candy (2012) En su tesis que lleva por título *“Diseño del pavimento de un aeropuerto”*, establecieron como objetivo, ejecutar un pavimento para una pista de aterrizaje que tiene por ubicación en el distrito de Punta Hermosa, en la que se han utilizado el método establecido por la autoridad aeronáutica americana FAA, ya sea un pavimento rígido o flexible y debido al estudio de costo y beneficio, se puede determinar la opción más conveniente; utilizando una metodología descriptiva, se determinó con resultados que obtuvieron en el estudio del índice de tráfico, y en un periodo promedio de 2 décadas, el valor de salidas al año es casi el duplo de la cantidad de las salidas que se han registrados en el 2010, y esto es el reflejo del aumento que tiene el uso aéreo como medio de transporte, en tanto sabemos que del ampliación en el aeropuerto Internacional Jorge Chávez, considerándolo adecuado y todo el proceso de construcción correcto, para aliviar el tránsito de las aeronaves en el aterrizaje o despegue, por lo cual, los resultados de estudio de suelos practicado en el área de la ciudad Punta Hermosa, se ha concluido en este trabajo también que ya no será necesario el de compactar del material, debido a que ya cumple todos los requisitos necesarios de construcción establecidos, pero para los resultados de Control de Calidad, se compactará de igual manera por debajo de la subrasante a una profundidad de 12 pulgadas, para alcanzar el 95% de densidad, así mismo adicionalmente cuenta con un sistema de drenaje para cuidar el pavimento construido.

Bernaola Chuquillanqui, Roberto (2014) En su tesis que lleva por título, *“Evaluación y determinación del Índice de Condición del pavimento rígido en el aeropuerto Francisco Carle en la ciudad de Jauja”*

establece como objetivo el de determinar y evaluar el índice del estado del pavimento rígido en el aeropuerto, así como el de revisar los niveles de severidad en cada uno de esos factores de daño que se dan en las vías con superficies de Pavimentos Rígidos, aplicando el método que lo determina la Norma A.S.T.M. D6433-07 para así poder calcular nuestro Índice de la Condición de los Pavimentos Rígidos. Se pudo observar que en esta tesis pudieron determinar que uno de esos tipos de daños más notables y frecuentes halladas en las unidades de análisis, están los bacheos debido a las acometidas en su operación, por lo cual se establecen los espacios óptimos, para el mencionado servicio en cuanto a próximas construcciones similares o en las rehabilitaciones similares, así para que de esa manera se eviten fracturas de las losas de concreto, los que dan origen muchas de las veces, a que se produzcan entre otros tipos de daños, también se asigna una Zona para Mantenimiento y Rehabilitación de una "Acción Mayor", según la Clasificación del PCI que fue tomado en cuenta.

1.2.2. Internacionales

Acuña Solís, Arturo y Martínez Albañil, Fabián (2013) En su tesis que lleva por título “*Supervisión y Control de la Obra Rodaje Golfo 2da Etapa y Obras Complementarias (Pavimento rígido) del Aeropuerto Internacional Benito Juárez, ciudad de México*”, establecen como objetivos la de habilitar la ampliación de la pista de rodaje Golfo, dentro de las especificaciones normadas y requerido por el aeropuerto. Se determinó que utilizando un recorrido en una línea recta, facilita mucho mejor al propio rodaje de la aeronave a máxima velocidad que pueda ser permitido y considerando cálculos (como ancho, longitudes, trazado, superficie, márgenes, resistencia, franjas, etc., y lo que ello implica) exactos para la elaboración de su construcción, se descarta obstáculos no contemplados que pudieran presentarse después, de esta manera ayudará a optimizar la conservación de los pavimentos rígidos y a su vez, aumenta su vida útil.

García Saldívar, Gabriela (2014) En su tesis que lleva por título “*Diseño de pavimentos para aeropistas, ciudad de México*”, establece como su objetivo el de ejecutar un diseño de las variadas estructuras para pavimentos que sean capaz de soportar cargas en aeródromos, en el cual se ejecutan un número muy considerable de sus movimientos al año, como también el de alcanzar su mayor resistencia en cada uno de estos diseños. Se determinó que analizado las diversas estructuras que tengan la capacidad de soporte en una misma variedad de su tráfico, podemos afirmar que un diseño de pavimentos es una tarea nada fácil, pues existen demasiadas posibilidades, podemos elegir utilizar un pavimento flexible o rígido, así también como el de elegir entre una estructura perpetuo, pavimento convencional, o una estructura mixta, entre otros. Es importante que adicional a la mezcla de variados tráfico, es de suma importancia el de tomar en cuenta los factores diversos. La autora recomienda que cuando se realiza un diseño de una aeropista y que utilice la norma FAA se debe considerar muy importante que los aspectos a tener mucho cuidado son: Espesor de sus capas los cuales no están calculadas en el programa, los resultados de la capacidad portante de su suelo y las características de aeronaves que sean introducidos en el programa.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Pavimento

Para Estrada, Manihuari Bryan (2016, p. 16) “Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub rasante de la vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de restringir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento”.

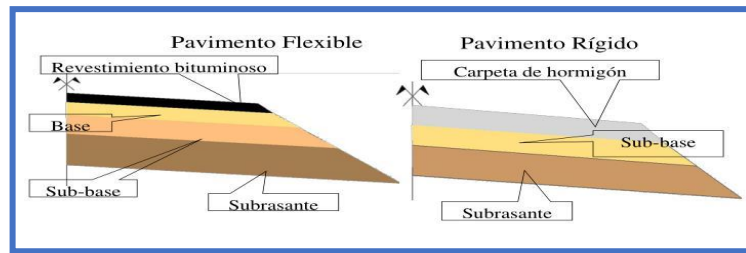


Figura 5: Tipo de Pavimentos según su estructura

Recuperado de:

https://www.google.com/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&ei=w_EJW6LiNfLs5gL8nbKoBg&q=pavimento+rígido+&oq=pavimento+rígido+&gs_l=img.3..0j0i67k1j0l8.2095090.2095410.0.2096258.3.3.0.0.0.310.468.0j1j0j1.2.0....0...1c.1.64.img..1.1.310....0.6f7pTTpbb80#imgdii=GqTJDxK_o7xjqM:&imgsrc=uw3YFinUCq1BYM

1.3.2. Pavimento rígido

Para Estrada, Manihuari Bryan (2016, p. 18) “Se tienen referencias de que la primera franja de pavimento de concreto hidráulico fue construido completamente en el año 1893, desde entonces, el concreto ha sido utilizado extensamente para pavimentar carreteras y aeropuertos, así como calles de zonas residenciales y comerciales. El pavimento rígido típicamente está formado por una base hidráulica o una sub-base y una losa de concreto hidráulico, pudiendo tener o no un refuerzo de acero, en cuyo caso, normalmente se utiliza la malla electro soldada. Los pavimentos rígidos constan de una losa de concreto hidráulico. Por su mayor rigidez distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas, salvo en bordes de losas y juntas sin pasajuntas, las deflexiones o deformaciones elásticas son casi inapreciables. La losa se apoyará en la capa subrasante, si ésta es de buena calidad y el tránsito es ligero, o bien, sobre una capa de material seleccionado, llamada sub-base. Esta capa no tiene funciones estructurales, utilizándose como una superficie de apoyo, capa drenante, plataforma de trabajo, etc. y formada por materiales granulares o bien estabilizada con cemento portland, o inclusive concreto pobre”.

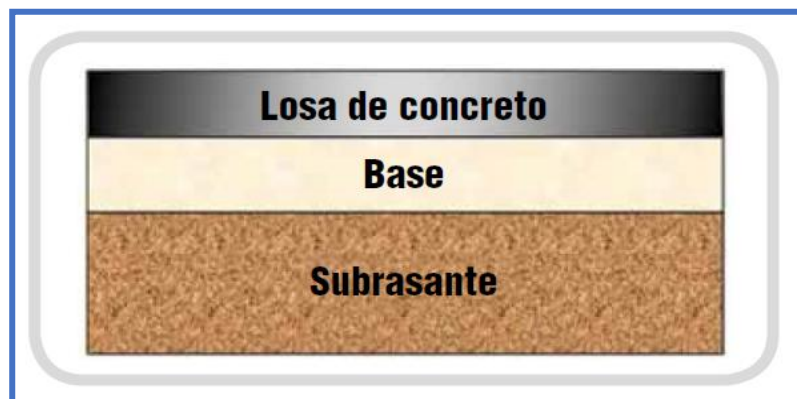


Figura 6: Sección transversal convencional de un Pavimento Rígido.

Fuente: DGIP (2015, p.15)

1.3.3. Tipos de pavimento rígido

a) Losas de Concreto Simple

Para Alcalá y Morales (2007, p. 24) “Este sistema utiliza losas de concreto sin refuerzo. Las juntas de contracción transversal son el general construidas a intervalos entre 3 y 6 m, con el fin de controlar la figuración de las losas. Dependiendo del diseño de las losas, estas se pueden unir mediante dovelas o barras de transferencias colocadas en las juntas transversales, asegurando la transferencia de carga entre estas; además se colocan barras de anclaje en las juntas longitudinales, en dirección perpendicular al eje de la vía”.

Este tipo de pavimento rígido, se tiene por característica esencial, el control de las fisuras que son provocadas por las juntas de contracción transversal y longitudinal, el resultado de estas juntas, tienden a una relación de esbeltez, mediante el cual se estima que las juntas transversales deben construirse en un máximo de 1,25 veces el ancho de la losa; de la misma manera; las juntas longitudinales, se hacen si el ancho de su calzada tiene una longitud que sea mayor 25 veces del espesor de dicha losa. Es recomendable un Sistema Dowels, cuando los volúmenes de transito son elevados.

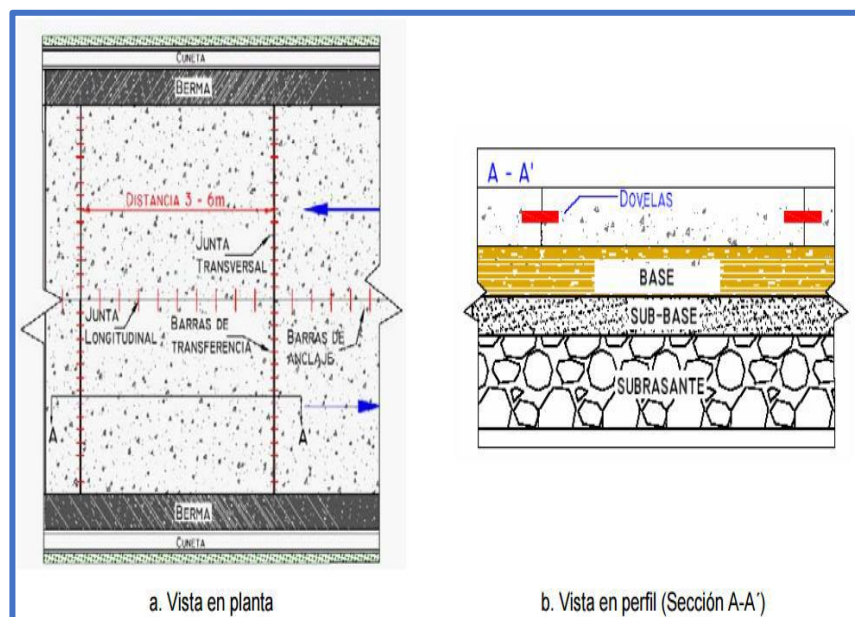


Figura 7: Losas de Concreto Simple
Fuente: Roxana Alcalá y José p.24

b) Losas de Concreto Reforzado

Para Alcalá y Morales (2007, p. 25) “Debido a que el espaciamiento de las juntas transversales es mayor que el de las losas de concreto simple, con rangos típicos entre los 7 y los 15 metros, este sistema utiliza juntas de contracción y adicionalmente aceros de refuerzo para controlar la fisuración de las losas. Las dovelas son usadas en las juntas transversales para asegurar la transferencia de cargas entre las losas”.

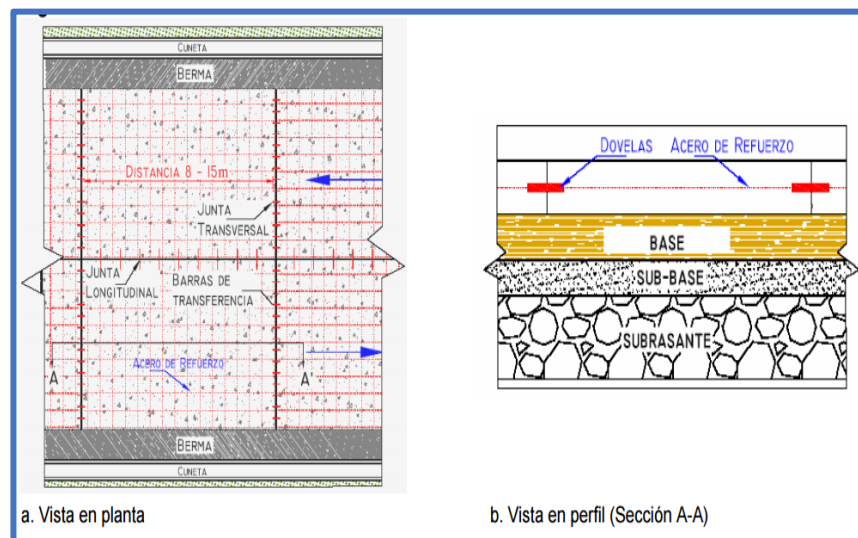


Figura 8: Losas de Concreto Simple.
Fuente: Roxana Alcalá y José p.25

1.3.4. Dimensionamiento del espesor en el pavimento rígido

Para Quiñones, Santa Bertila (2007, p. 17) “El diseño de losas de concreto simple consiste en determinar el espesor como una losa de concreto [...]. Normalmente se usa cemento Portland tipo I o II que son equivalentes a los Cementos de Portland Ordinarios (CPO), Cementos Portland Compuestos (CPC) o cualquier otro tipo de cemento que nos cumpla con la característica especial Bajo Calor de Hidratación (BCH) o Resistente a los Sulfatos (RS)”

Según la OACI (1983, pp. 3-130): La FAA propone una metodología para calcular los espesores de los pavimentos en un aeropuerto, sea la de un diseño flexible o rígido, estos procedimientos se dividen solo en dos, por su función al peso de las aeronaves: Para los aviones cuyo peso sea menor a 30,000 libras (13,000 kg) y para aeronaves cuyo peso sea igual o mayor a las 30,000 libras.

En cuanto al diseño del pavimento rígido, es necesario calcular los espesores, como también dimensionamiento de toda la estructura de ingeniería, a través del análisis de la carga con que va a trabajar el pavimento, no podemos dejar de identificar la resistencia de los materiales disponibles y también la de estudiar la constitución del apoyo donde va la estructura del pavimento. Tenemos que tener en cuenta que entre los objetivos principales en el diseño del pavimento, es calcular necesariamente el espesor mínimo de cada una de los paños para que logren las exigencias anteriores del diseño, considerando el costo y beneficio de las mismas, encontrando de esta manera la solución técnica y económica adecuada.

1.3.5. Sistema Dowels

La utilización de un Sistema Dowels en la construcción de un pavimento rígido nos ayuda a prevenir o mitigar las fallas que se pueden producir de forma transversal por la aplicación de exceso o sobrecarga de las cargas pesada y/o vehículos, ya que cualquier transmisión de las cargas se efectuará de una manera uniforme en cada tramo, esto a su vez a modo de bloque no permite el hundimiento y mejora la resistencia a la flexión, y también contribuye a que no aparezca fisuras.

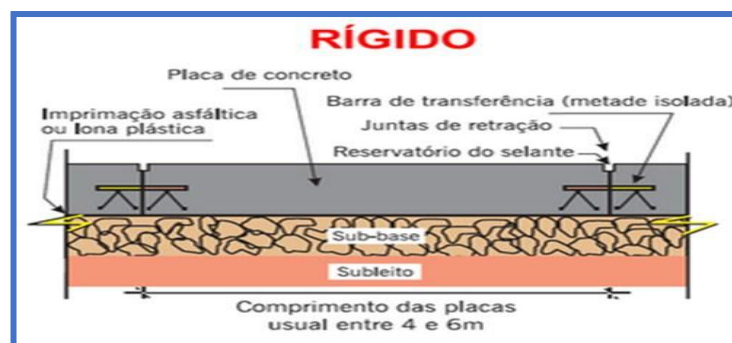


Figura 9: Ubicación transversal del Sistema Dowels en un Pavimento Rígido.

Recuperado de:

https://www.google.com/search?biw=1366&bih=613&tbn=isch&sa=1&ei=w_EJW6LiNfLs5gL8nbKoBg&q=pavimento+rigido+&oq=pavimento+rigido+&gs_l=img.3..0j0i67k1j0l8.2095090.2095410.0.2096258.3.3.0.0.0.310.468.0j1j0j1.2.0....0...1c.1.64.img..1.1.310....0.6f7pTTpbb80#imgdii=TsTtT_UVKqJ9PM:&imgcr=uw3YFinUCq1BYM:



Figura 10: Desalineamiento de las barras pasajuntas.
Revista: Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón, p.106

Se deben tener consideraciones en el colocado del Sistema Dowels, en el gráfico podemos ver un desalineamiento que podría llegar a producirse en el armado de las barras pasajuntas con bajo alojamiento, éstas barras desalineadas son tanto en el sentido horizontal como en el vertical pueden aportar de nuevas fisuras de manera transversal en la losa de concreto.

Esta barra pasajunta en su estado de desalineada provoca una unión transversal, dando origen a una fisura en el lugar nuevo de carga o trabajo por efecto de dilatación y contracción, puede observarse también que la pasajunta más próxima al fondo está bien cerca al margen de la losa, lo cual no es recomendable, debiendo existir una separación de 15 cm, mínima.

1.3.6. Segmentación o Mallado del Pavimento Rígido



Figura 11: Uso de un mallado electrosoldado en un Pavimento Rígido.

Gráfico https://www.google.com/search?q=pavimento+rigido+con+mall+electrosoldada&sa=X&biw=1366&bih=613&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ved=0ahUKEwjS8c_ix6TbAhXnxlkKHxwCBssQsAQIJQ#imgc=2BG-MaorTdCA2M:

Para Alcalá y Morales (2017, p. 59) La segmentación o mallado que se tiene que ejecutar en los diversos tipos de pavimentos rígidos se pueden calcular a través de un Programa software EVERFE 2.25: “El programa tiene una ventaja significativa, y es que permite la elección del número de divisiones de los elementos en fila y en columna, que puede ser muy útil cuando se modelan losas que no tengan prioridad en el cálculo, tales como calles y callejones, que no requieren de estudios a fondo, como se requirieren en las vías principales o arterias viales, este programa, además permite dar un espaciamiento del mallado diferente en cada losa, por lo que puede ayudar a comparar valores y exactitudes en los cálculos de los esfuerzos y deformaciones”.

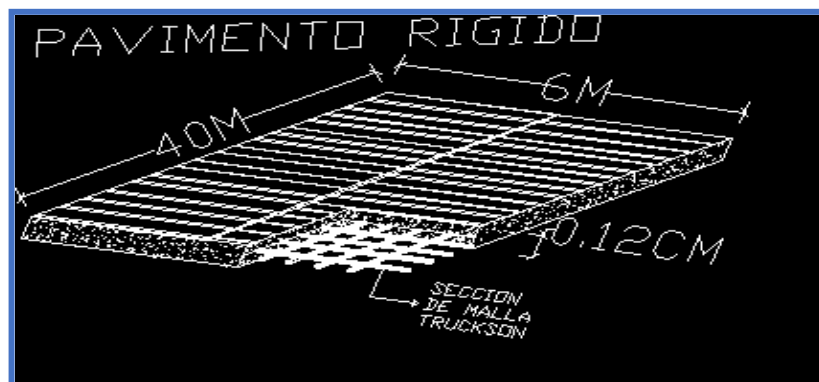


Figura 12: Detalle convencional de un Pavimento Rígido.

Recuperado de: <http://www.planospara.com/30722/detalle-de-pavimento-rigido-en-carreteras-caminos-y-calles-obras-viales-diques>

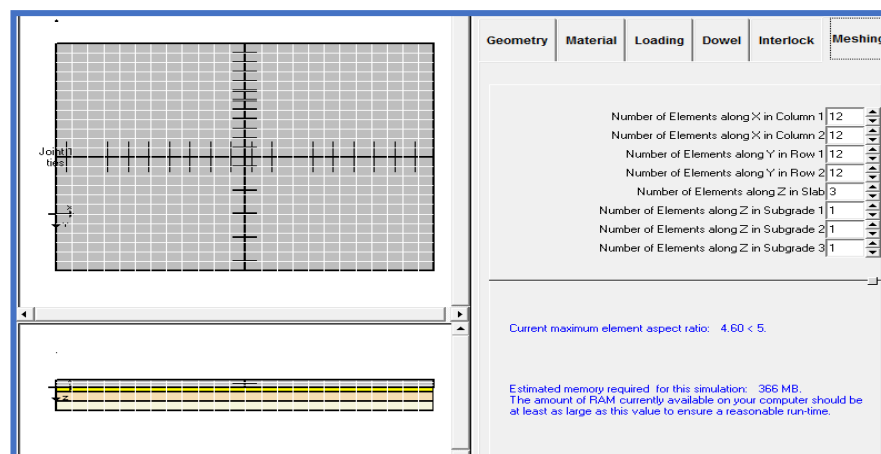


Figura 13: Segmentación de un Pavimento Rígido con EverFe 2.25

. Fuente: Roxana Alcalá y José p.60

1.3.7. Fallas comunes en los pavimentos rígidos

Para Miranda (2010, p. 26) Los diversos tipos de daños que se pueda presentar un pavimento rígido “están dados en general, por las juntas, las fisuras o grietas, deterioro superficial, entre otros”

Para Pedraza (1970, p. 359), “el pavimento tiene por misión repartir las grandes cargas originadas por las ruedas de los aviones en superficies tales, que la carga unitaria en los terrenos no llegue a producir su rotura”

Las cimas en este tipo de falla se visualizan en una dirección perpendicular a la línea del rodaje de la aeronave; este daño es normalmente ocasionado debido a la acción del rodaje combinado con la base o carpeta de baja estabilidad, en un Nivel Medio de Severidad, pues produce un efecto regular en la calidad de rodaje a lo largo de la pista de aterrizaje, debido a que las operaciones ya dependen desde sí, las condiciones de la pista, limitando las conectividades en el aérea de la Región de Ica y demás departamentos de la zona.

Un drenaje mal diseñado, adicional al mal sellado puede contribuir de manera muy favorable a las fisuras, grietas y escalonamiento del pavimento rígido a través del bombeo que pueda generarse entre dos bloques del pavimento y que dichas fallas se producirían de forma

transversal al bloque por sobrecarga de vehículos de carga pesada, ya que la transmisión de cada carga se realiza de manera uniforme sobre su avance y esto a su vez no permite el hundimiento en forma puntual, sino distribuida.

1.3.8. Fisuras en los pavimentos rígidos.

Para Acuña y Martínez (2013, pp. 37 y 38) Las fisuras “en este sentido, cabe decir que es el desempeño deseable de un pavimento de concreto para un aeropuerto contempla la vigilancia del deterioro que puede darse por razones como: fisuración (en esquinas, de manera longitudinal, transversal, en la relacionada con la durabilidad o con los materiales); los relacionados con las juntas, es decir, desprendimiento, bombeo, daños en el sellado de juntas, así como defectos en la superficie, como puede ser el descascarado, la creación de protuberancias o la fisuración en bloque.”

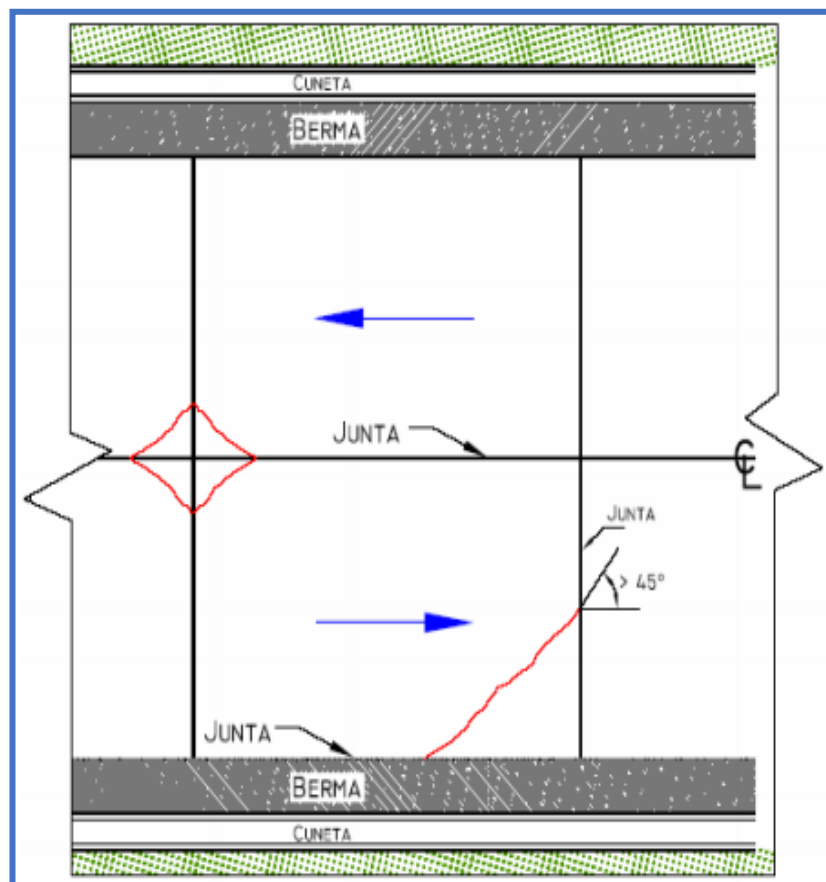


Figura 14: Segmentación de un Pavimento Rígido con EverFe 2.25.

Fuente: Roxana Alcalá y José p.26

Las grietas o fisuras que se presentan de manera directa en el pavimento, lo cual genera una menor estabilidad y una disminución de la resistencia

del mismo; éstas grietas pueden ser de origen físico, químico, térmico o estructural, también es muy fundamental considerar las juntas correctas a lo largo de todo el pavimento. En términos generales, se debe tener en cuenta el conocimiento científico, uno de ellos el manual AASHTO del año 1993, uno de sus términos nos recomienda una longitud máxima de 6m para realizar una junta.

1.3.9. Ensayo de Resistencia Concreto NTP 339.034 (ASTM C-39)

Para Lamus y Andrade (2015, p. 72), Los ensayos de resistencia a la compresión de las probetas de concreto deben cumplir ciertos parámetros, lo cual no debe ser obviada para una mayor precisión: “Para la evaluación y aceptación del concreto, de acuerdo a las normas, se requiere que los ensayos de caracterización sean ejecutados por técnicos calificados; esto incluye la elaboración y ensayo de las probetas de concreto para determinar la resistencia a la compresión, la cual varía de acuerdo con el tamaño de la probeta, a su forma y a la velocidad de aplicación de la carga, así que es necesario tener un estándar para que los valores obtenidos sean comparables. Se especifica que la resistencia a la compresión se puede obtener como el promedio de las máximas resistencias de al menos dos ensayos sobre cilindros estándar de trescientos milímetros de largo (300mm) y ciento cincuenta milímetros (150mm) de diámetro o de al menos tres ensayos sobre cilindros de doscientos milímetros de largo (200mm) y cien milímetros (100mm). Siempre es preferible tener un mayor número de especímenes que el mínimo permitido, [...]”.

1.3.9.1. Resistencia a la compresión testigos cilíndricos

Se ha basado este ensayo en la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.034, 4ta Edición del 31/12/2015, lo cual nos permite una determinación de resistencia del testigo de concreto, a la compresión (f'_c) de las muestras, especímenes o probetas cilíndrica, hechos en el mismo laboratorio con la dosificación requerida, puede ser obtenida en el campo u obtenida a través de la extracción de

núcleos, como las diamantinas de concreto. Está limitado a concretos que contengan una masa unitaria superior a 800 kg/m³. Esta Norma que ha sido acondicionada por el Instituto Nacional de Control de Calidad está basada en la Norma ASTM C-39/C-39M (2015) Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, y tiene derecho de autor, la ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, Estados Unidos N.A.



Figura 15: Detalle convencional de un Pavimento Rígido
Recuperado de: <https://www.civilmac.com/blog/conoce-la-norma-astm-c39/>

1.3.9.2. Importancia y aplicación

Debemos tener un especial cuidado, en cada interpretación de resultados, obtenidas por medio de estos ensayos, puesto que la resistencia no es una de las propiedades fundamentales o intrínsecas del concreto. Los valores hallados podrían variar o dependerán de los tamaños y las formas de los especímenes, el tipo de la mezcla usado, los pasos de mezclado, los procedimientos efectuados en el

muestreo, moldeo, fabricación, y edad de la probeta de concreto, temperatura ambiente, así también las condiciones mismas de la humedad en el periodo del curado. El ensayo se aplica a especímenes elaborados y los que son curados conforme a las normas establecidas como: ASTM C-31, ASTM C-192, ASTM C-617, ASTM C-1231, C-42 y ASTM C-873.

Los resultados que se obtuvieron, habitualmente son usados en la base, para todo proceso de aseguramiento de la calidad en la proporción, de mezcla y la colocación de concreto, determinación de cumplimiento en la especificación dada, control de evaluación de la eficacia de los aditivos y uso que sea similar y que vaya a usarse.

1.3.9.3. Espécimen de ensayo

Los especímenes o probetas de este ensayo estándar serán cilindros de concreto de 150 x 300mm o 100 x 200mm. Está permitido el utilizarse los cilindros de diferentes dimensiones, cada vez que se cumplan la relación de Longitud y Diámetro = 2. No debe ser mayor que 2%, la diferencia del diámetro de un espécimen individual con respecto a las demás probetas. El mínimo número determinado de los especímenes de ensayo será un mínimo de dos, para especímenes de 150mm de diámetro, y tres especímenes de 100mm de diámetro.

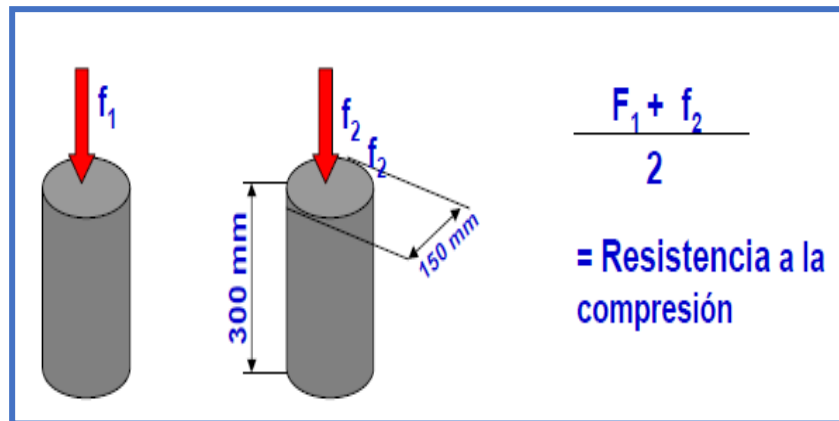


Figura 16: Mínimo determinado de especímenes de ensayo 0.15x0.30.
 Recuperado de: <https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/control-de-calidad-del-concreto-44135880>

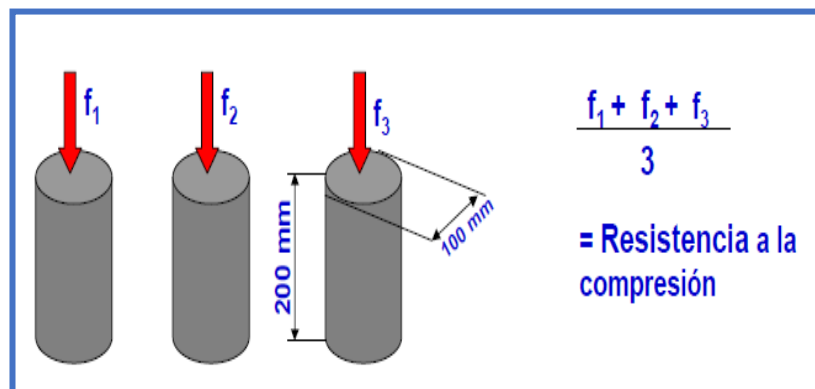


Figura 17: Mínimo determinado de especímenes de ensayo 0.10x0.20.
 Recuperado de: <https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/control-de-calidad-del-concreto-44135880>

1.3.9.4. Resumen procedimiento

Estos métodos de ensayos, que está normado consiste en una implantación de cargas de una compresión uniaxial en los cilindros núcleos o moldeados a una carga ya especificada (0.25 ± 0.05 MPa/s).

La resistencia de compresión de la probeta o espécimen se debe calcular dividiendo la carga máxima que se ha obtenido, entre la zona de la sección transversal de las probetas de concreto, es una medida mucho más convencional de un desempeño que es usado por los supervisores de

Control de Calidad e ingenieros para una confiabilidad de diseño de cualquier estructura de concreto armado.

Estos resultados de ensayos o pruebas a resistencia de la compresión son usados básicamente para evaluarse el aseguramiento garantizado del concreto que ha sido suministrado con su resistencia ya especificada (f'_c), del concreto de diseño.

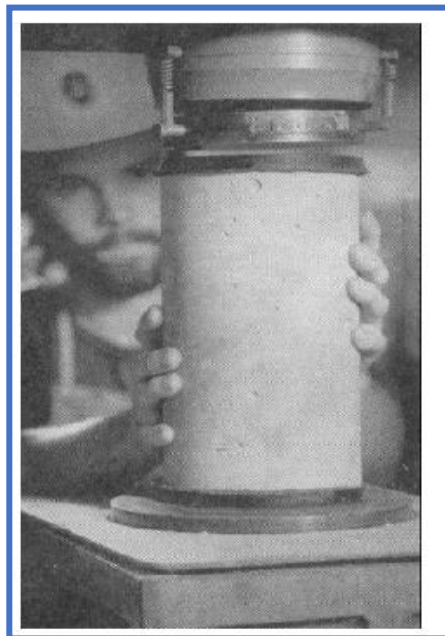


Figura 18: Aplicación de la carga de compresión uniaxial a los cilindros moldeados.
Recuperado de: <https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/control-de-calidad-del-concreto-44135880>

1.3.9.5. Requerimientos para solicitudes

Se deberá proveer al laboratorio calificado las probetas o especímenes, especificando claramente la fecha de moldeo y la fecha a la cual se especifica la falla. Por ejemplo: 3 días, 7 días, 28 días, 56 días, etc. También se debe especificar si los especímenes necesitan de un tiempo de curado en la cámara. Se deben preparar las probetas o

especímenes de tal manera que garantice la planicidad de sus caras (pulido o con una almohadilla de neopreno). El laboratorio no se hará responsable por los cilindros que no cumplen con las especificaciones.

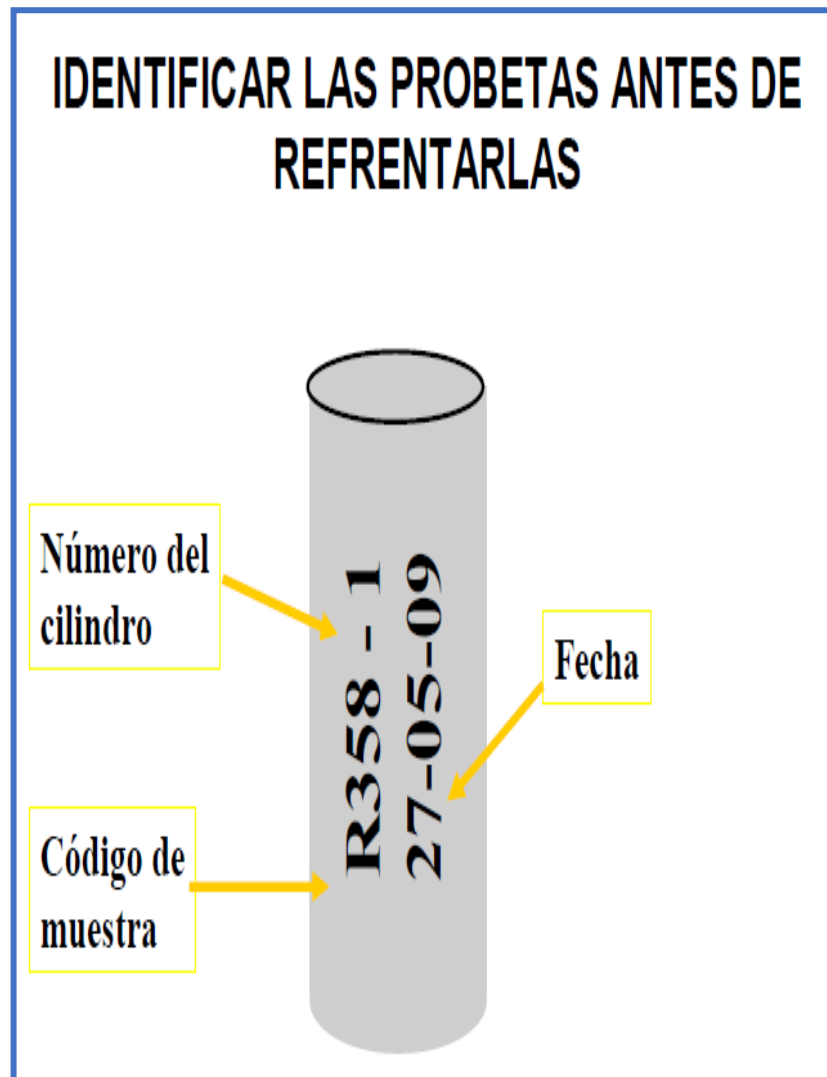


Figura 19: Marcado e identificación de probetas.

Recuperado de: <https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/control-de-calidad-del-concreto-44135880>

1.4. Factores considerados en el Diseño de Pavimentos Rígidos

1.4.1. Durabilidad y resistencia del concreto a la compresión y flexión

Para Gómez, Jorge (2011, p. 126) en el uso de aditivos: "Se busca en este caso que el concreto resista sin deterioro las inclemencias del tiempo (resistencia al intemperismo), esta protección se debe dar a los concretos que estarán al aire libre"

Para Montalvo, Marco (2015, p. 27) La resistencia del concreto a la tracción: “En la tensión directa, la mejora en la resistencia es significativa, con incrementos del orden de 30% a 40% reportados por la adición de 1.5 por ciento en volumen de fibras en el concreto. En la Figura se presenta el comportamiento del concreto a esfuerzo de tracción directa de acuerdo a la distribución de las fibras”.

Hacen falta muchas investigaciones para alcanzar un nivel de conocimiento lo suficiente y que se pueda incluir al diseño ya normado por durabilidad en los diseños estructurales como el estándar americano ACI o su similar, el europeo CEB. En términos generales, el conocimiento que ha sido aportado por la sociedad científica de nuestro tiempo ha sido de mucha utilidad en el actual diseño con que contamos.

Para Montalvo, Marco (2015, p. 11) La resistencia del concreto endurecido: “Es la capacidad que tendrá el concreto de resistir a las diferentes solicitaciones siendo las principales: Resistencia a la compresión, flexión y tracción. La propiedad sobresaliente del concreto es la resistencia a la compresión, sin embargo, la resistencia a la tracción, comparándolo con la compresión, es de 10%; es por ello que se le añade acero al concreto, el cual aumenta características para resistir a la tracción. Trabaja en conjunto con el concreto para darle un mejor comportamiento frente a estos dos esfuerzos. Cabe resaltar que la resistencia está estrechamente ligada con la relación agua-cemento”

Por otro lado, para Montalvo, Marco (2015, p. 27) La resistencia del concreto a la compresión: “es como una consecuencia de la naturaleza gradual, las fibras añaden ductilidad en el post-agrietamiento; esta ductilidad se le añade a la matriz de cemento para que se comporte de diferente forma y no de una manera frágil. Las mejoras en la ductilidad dependerán del tipo y porcentaje de volumen de fibras presentes. Las fibras con mayor trabazón a la matriz de concreto son las que tienen forma ondulada ya que por su forma irregular produce una mejor adherencia al concreto. En la compresión la resistencia última está sólo ligeramente afectada por la presencia de fibras, con aumentos observados que van desde 0 hasta 15 %, para 1.5 % de fibras con respecto al volumen total de la mezcla. La resistencia a compresión del hormigón no viene substancialmente modificada por la adición de fibras”

Desde una perspectiva en donde cada pavimento rígido trabaja de manera normal a un esfuerzo de flexión, por lo cual es bien recomendable que la resistencia esté de acuerdo a su carga de trabajo, es por eso que en el diseño se considera la resistencia del hormigón en modo de trabajo por flexión, y por lo cual se conoce como la tensión, resistencia flexionante, o su módulo de rotura. Alcanzaremos la mejor o máxima resistencia normalmente a 28 días.

El concreto en su módulo de su elasticidad, estará bien relacionado con su módulo de corte y está determinado en el estándar internacional ASTM - C469. También sabemos que existen muchas alternativas de diseño en las que podemos calcular el módulo de la elasticidad tomando como punto de inicio al módulo de rotura del concreto estimado.

1.4.2. Esfuerzos originados por la variación de temperatura

1.4.2.1. Alabeo causado por gradiente térmico.

La temperatura interna del pavimento depende de la temperatura del ambiente en el lugar donde se vaya a instalar o construir, en ese momento ocurre un alabeo por cada tramo o bloque lo cual es aceptable hasta cierto punto debido a la gradiente térmica, pudiendo ser ésta a su vez, no favorable si en el día ocurriera mayor tránsito de carga, presentándose mayores esfuerzos en la estructura del pavimento.

1.4.2.2. Contracción durante el fraguado.

Para Sanguinetti, Bibiana M; Astori, Raúl y Bizzotto (2005, p. 1) el fraguado tiene como “Una de las propiedades mecánicas que incide en la durabilidad, en cualquier tipo de hormigón, es la retracción por secado. El mayor problema para un fraguado se presenta cuando la retracción o contracción no puede realizarse libremente, es decir el hormigón se encuentra

restringido a los cambios volumétricos, ya sea por problemas de vínculos, encofrados, o por la forma del elemento constructivo”

Nosotros sabemos que la contracción por fraguado es la deformación más crítica y que no depende de las propias cargas aplicadas en el hormigón normalmente convencional y sano, y también se considera en una de las principales razones de fisuras o grietas. Las contracciones de toda losa de concreto generalmente ocurre por una falta de humedad o insuficiente humedad que se presenta durante el fraguado, la temperatura es el factor principal durante las primeras horas, considerar también que en el concreto que tenga mayor refuerzo tener menor contracción, ya entonces el concreto cuando sea expuesto al ambiente propio de operación tenderá a equilibrarse con el medio ambiente donde se encuentre, de ser ésta una ambiente seco, las superficies del concreto que sean expuestas, perderán el agua por la evaporación y esa velocidad dependerá de la humedad relativa, temperatura, relación agua y cemento como también la superficie expuesta del área del concreto.

1.4.2.3. Expansión y contracción en el pavimento rígido.

Para Ramirez, Herbert (2015, p. 32) “Las losas de piso o pavimentos colados en clima frío son menos susceptibles al agrietamiento que cuando el trabajo se efectúa en clima caliente, pues los cambios de temperatura afectan la longitud, generalmente produciendo expansión que no es tan crítica como la contracción”

Cuando el concreto se contrae, debemos evitar que el concreto pueda separarse de las juntas transversales; y cuando el concreto tenga a expandirse, origina agrietamiento desfavorable sobre las losas de concreto en el pavimento rígido. Variadas investigaciones, así como la experiencia en el campo, nos han demostrado que el uso de puzolanas o cenizas volantes de alta

calidad, sustituyendo una parte del cemento Portland, mejora considerablemente a varias de las propiedades del hormigón.

Debemos utilizar un sellador para las juntas que nos cumpla las características del concreto, cuando ésta alcance su mayor contracción y tenga que resistir la contracción del hormigón en todo proceso de curado.

1.4.3. Esfuerzos originados por los cambios de humedad.

1.4.3.1. Alabeo en los pavimentos rígidos.

Para Quiñones, Santa Bertila (2007, p. 36) “Debido a las restricciones de la subrasante y la restricción interna del acero superior contra la expansión del concreto, se pueden esperar deformaciones expansivas diferenciales entre la parte superior e inferior. Durante la contracción por secado, las deformaciones expansivas se atenúan de manera rápida en la superficie superior seca que en la subrasante, [...] Los esfuerzos por alabeo tienden a ser contrarrestado por el peso propio de la losa”

Los cambios ocasionados a la humedad y temperatura podrían incidir los efectos sobre la capacidad de carga, resistencia, y durabilidad del pavimento rígido y de la subrasante. Del mismo modo, estos gradientes tienden a deformar las losas de concreto en el pavimento produciendo los alabeos, los cuales modifican de manera continua a las condiciones del apoyo y del contorno. Podemos afirmar que el concreto del pavimento se considera como una estructura que está viva y la cual se moverá a ritmo del medio natural que lo rodea. Cuando el pavimento enfrenta con el clima húmedo a la intemperie, puede ganar un alabeo cóncavo con inclinaciones en sus cuatro lados o esquinas hacia abajo. Por otra parte, cuando el concreto es sometido a altas temperaturas, su superficie va a endurecer rápidamente más que

su parte inferior, provocando así un alabeo convexo de sus cuatro esquinas hacia arriba.

1.4.4. Esfuerzos originados por las cargas de tránsito

Para Garnica, Paul; Gómez, José y López, Armando (2002, p. 17) “Con el uso de las computadoras, no es problema considerar el número de repeticiones de carga por cada eje y evaluar su deterioro. El método que consiste en dividir los ejes en grupos ha sido utilizado frecuentemente para el diseño de pavimentos rígidos, sin embargo, su aplicación no se ha extendido a pavimentos flexibles por la naturaleza empírica del diseño y la gran cantidad de tiempo de cálculo que se requiere. Sin embargo, en lugar de analizar los esfuerzos y deformaciones debido a cada grupo de ejes de carga, un procedimiento simplificado y ampliamente aceptado desarrolla factores equivalentes y convierte cada grupo de carga en un eje simple de carga equivalente.”

El pavimento usado en aeródromos son los pavimentos que utilizamos para el soporte de pesos, aterrizaje, despegue, velocidades, rodaje como también el estacionamiento de las aeronaves. Los pavimentos rígidos o de las losas de concreto de cementos Portland, son unas estructuras diseñadas las cuales absorben en su totalidad de esfuerzos producidos por las cargas que las aeronaves puedan originar, ya sea en rodaje, tránsito, despegue y aterrizaje, y éstas pueden ser clasificados en un Pavimento de Concreto Simple sin varilla pasajuntas, con varilla pasajuntas, con Refuerzo Continuo, o Presforzado con fibras cortas aceradas, tenemos que tener en cuenta en que este tipo de pavimento es de costo elevado y por lo mismo son mayormente empleados en los aeropuertos, calles de las ciudades, como también plantas de industrias. En todo análisis de las cargas que actúan en el pavimento, debemos tener en cuenta tanto el peso como el número de vehículos que vayan a circular mientras el pavimento tenga vida útil. No es posible calcular la cantidad exacta en estos números, ya que resulta muy variable a través de los días, es por eso que se realiza solamente con estimaciones en base a una hipótesis más o menos próximas a la realidad.

1.4.5. Estructuración de las juntas en pavimentos rígidos

Para Ramírez, Herbert (2015, pp. 37 y 38) “El principal objetivo de las juntas en las losas de piso es disminuir las restricciones en sus tableros ya que como se estableció antes éstas son las que generan esfuerzos de tensión en el concreto y ocasionan el agrietamiento. Hay tres tipos de juntas que todo diseño estructural de losas de piso debe incluir: Juntas de contracción, construcción y expansión o aislamiento”

Las juntas deben de tener por finalidad, la de mantener las tensiones en que el pavimento rígido, tiene que soportar dentro de sus límites permitidos, éstas previenen el origen y la formación de las grietas irregulares y fisuras.

Para López, Raysa (2010, p. 52) “Las juntas a construir serán consideradas del tipo y dimensiones indicadas en los planos del proyecto, todas ellas se basarán a las especificaciones técnicas indicadas en los documentos, los cuales han pasado por procedimientos de cálculos previos”

La distancia o espacio a la que se deben establecer las juntas depende básicamente de factores como la retracción de la mezcla de hormigón, coeficiente de dilatación, espesor, duración de sus variaciones de la temperatura ambiente a la que va a operar, el rozamiento que pueda existir con el paño de la base, entre otros casos.

Para López, Raysa (2010, p. 53) “Las juntas de contracción del tipo denominado de plano de debilitamiento, se construirán distanciadas entre sí, de acuerdo con lo indicado en los planos de proyecto, estarán constituidas por una ranura aserrada en el hormigón, de una profundidad de un tercio del espesor de la losa.[...], inicialmente se cortarán las juntas cada dos losas y posteriormente se cortarán las intermedias. [...], generalmente el período de corte estará entre las 4 y las 8 horas posteriores al hormigonado.”

Las juntas tienen por función una importancia muy vital, la de garantizar en sí, la vida útil de las estructuras de pavimentos rígidos (concreto),

formando así parte de la pauta técnica para ser calificado, su importancia en el pavimento de concreto. De esta manera, esta estructura debe estar compuesta con los materiales debidamente apropiados y aplicados con sus respectivas técnicas de construcción. Respecto a su ubicación respecto a su dirección de tránsito o eje del mismo pavimento, se definen como transversal y longitudinal. Por las funciones que se dan, se les puede calificar como la de articulación, contracción, construcción, expansión y aislamiento. Por otra parte a las juntas se le denomina por su forma: rectas, acanaladas y amachimbradas. Finalmente debemos entender que la conservación y efectiva reparación de las fallas de cualquier parte de sus juntas serán determinantes para garantizar la duración útil del hormigón.

1.4.6. Coeficiente de drenaje en el pavimento rígido

Para Montalvo, Marco (2015, pp. 35 y 36) “[...] El bombeo se refiere a la expulsión de agua y materiales de grano fino de las capas de apoyo debido a la deflexión de la losa en las juntas por movimiento de cargas de tráfico. Este problema se ha producido en la articulación de pavimentos rígidos bajo la aplicación repetida de cargas de camiones pesados. La erosión de los materiales de apoyo puede ocurrir debido a la disposición de drenaje inadecuado. [...] En principio, estas capas tienen como función principal el soporte de esfuerzos, pero en este caso, por ser un pavimento rígido los esfuerzos son menores. La base y sub base funcionan también como drenaje para proteger la estructura superior, controlando el ascenso del agua.”

Los efectos que son causados por el drenaje en el pavimento serán estimados dentro del método AASHTO - 93 a través del coeficiente de un drenaje, el cual está considerado en un efecto que tiene el agua en las propiedades de los paños en el pavimento rígido y en las consecuencias estructurales del pavimento, adicional a ello esta norma considera el efecto del coeficiente que se da en las transferencias de las cargas sobre el pavimento rígido.

Para Alcalá, Roxana y Morales, José (2017, pp. 39 y 40) “[...] El coeficiente de drenaje, fue incorporado en la guía AASTHO, para el diseño de los pavimentos debido a los efectos que el drenaje tiene en el desempeño de la estructura, a lo largo de su vida útil, tales como el efecto de la humedad en la resistencia de la subrasante y de la erosionabilidad en la sub-base. Y la calidad del drenaje considera de excelente a muy pobre dependiendo del tiempo para la remoción del agua en la estructura. Teniendo en cuenta la calidad del drenaje, la guía AASTHO, sugiere valores del coeficiente de drenaje, dependiendo netamente de la calidad del drenaje que se tenga en la vía, y del porcentaje de tiempo en el que el pavimento se encuentra expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.

Tabla 2: Calidad y coeficiente de drenaje para Pavimentos Rígidos

CALIDAD DE DRENAJE	EVACUACIÓN DE AGUA	EXPOSICIÓN A NIVELES DE SATURACIÓN			
		< 1%	< 1% a 5 %	< 5% a 25 %	> 25%
Excelente	2 horas	1,25 a 1,20	1,20 a 1,15	1,15 a 1,10	1,10
Bueno	1 día	1,20 a 1,15	1,15 a 1,10	1,10 a 1,00	1,00
Regular	1 semana	1,15 a 1,10	1,10 a 1,00	1,00 a 0,90	0,90
Malo	1 mes	1,10 a 1,00	1,00 a 0,90	0,90 a 0,80	0,80
Muy Malo	No hay drenaje	1,00 a 0,90	0,90 a 0,80	0,90 a 0,80	0,70

Fuente: Norma AASHTO93

Para calcular los coeficientes del drenaje debemos estimar cada tiempo de los drenajes en la sub base, y elegir un óptimo drenaje, de acuerdo al tiempo calculado de su drenaje. Finalmente debemos considerar el tiempo de la estructura del hormigón que será expuesta a la humedad con altos índices.

1.5. Normas para la mecánica de suelos

1.5.1. Norma (ASTM D - 2487) - Clasificación

1.5.1.1. Clasifica a los suelos de la siguiente manera, en CUATRO (4) categorías principales, y cada uno de su división utiliza un solo símbolo que nos va a definir su naturaleza de suelo:

a) **Suelos de grano grueso.-** Abarca la grava y arena a una cantidad menor a 50% que pasan el tamizado N° 200; estos

símbolos grupales inician con el prefijo “G” (Gravel) para grava o cuando sea suelo gravoso y la “S” (Sand) para un suelo arenoso o la arena.

- b) **Suelos de grano fino.-** Poseen un 50% o más que pasan el tamizado N° 200. Inician con el prefijo “M” (Mo y Mjala) para limo inorgánico, “C” (Clay) para la arcilla inorgánica.
- c) **Suelos orgánicos.-** Abarca los tipos Limos y arcillas que contengan materia del tipo orgánico en abundancia, y se les identifica con un prefijo “O” (Organic).
- d) **Turbas.-** Llevan el símbolo “Pt” (Peat) y son usados para las turbas, lodos, entre otros tipos de suelos orgánicos.

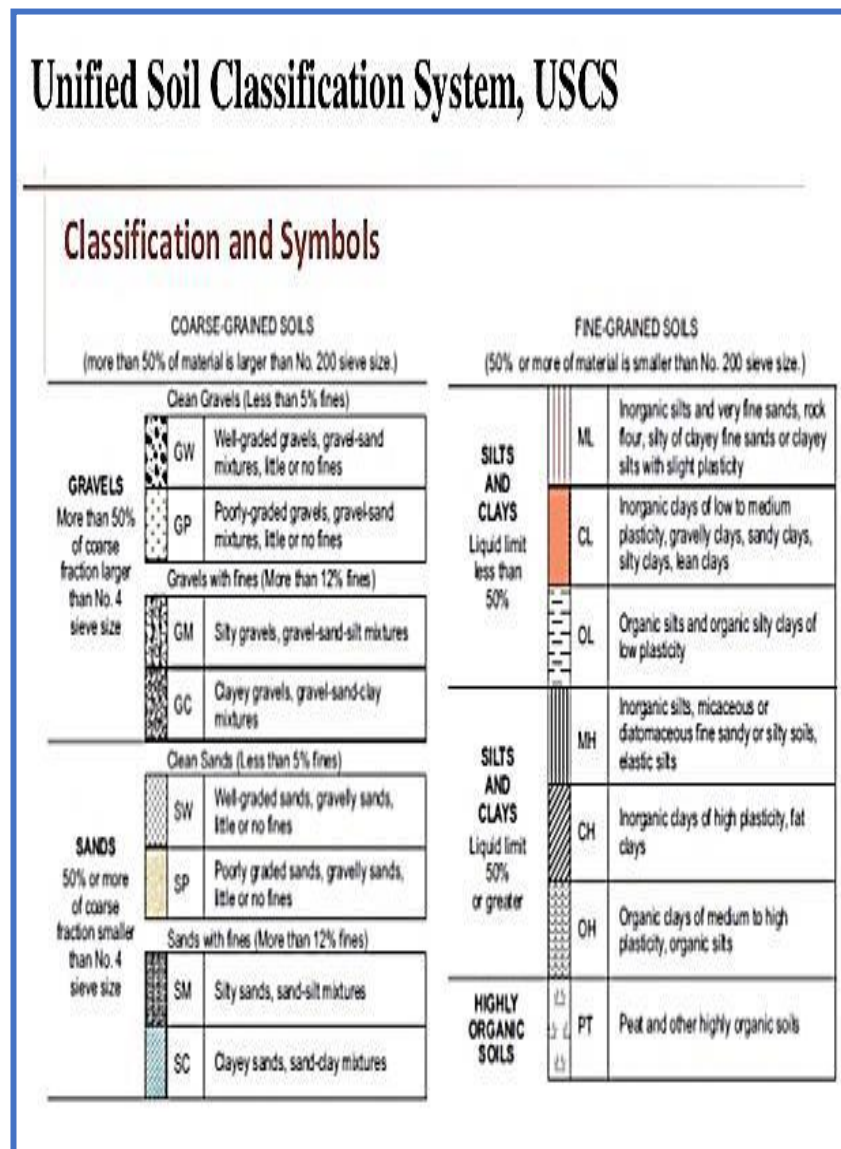


Figura 20: Sistema Unificado de la Clasificación de Suelos
Fuente: Dr. Lorenzo Borselli (2007) ppt

1.5.1.2. Definiciones, por el tamaño de las partículas de suelo:

- a) **Cantos rodados.-** Clasificados para partículas de roca, y que no llegan a pasar la malla de abertura cuadrada de 300mm (12").
- b) **Guijarros.-** Abarca las partículas de tipo roca, que llegan a pasar por la malla de dimensión cuadrada de 300mm (12") y quedan atrapadas en un tamizado de 75mm (3").
- c) **Grava.-** Están comprendidas las partículas de roca que pasan el tamizado de 75mm (3") y quedan atrapadas en el tamiz N° 4 (4.75 mm), y abarcan:
 - i. **Gruesa.** Engloban las partículas, que llegan a pasar el tamiz de 75mm (3") y quedan atrapadas en el tamiz de 19 mm ($\frac{3}{4}$ ").
 - ii. **Fina.** Incluyen las partículas, que atraviesan el tamiz de 19mm ($\frac{3}{4}$ ") y quedan atrapadas en el tamiz 4.75mm (N° 4).
- d) **Arena.-** Comprenden las partículas de roca, que atraviesan el tamiz 4.75mm (N° 4) y las cuales son atrapadas, en el tamiz de 0.075mm (N° 200), y con las siguientes subdivisiones:
 - i. **Gruesa.** Abarcan las partículas, y que atraviesan el tamiz de 4.75mm (N° 4) y son atrapadas en el tamiz de 2 mm (N° 10).
 - ii. **Media.** Están englobadas las partículas que atraviesan al tamiz de 2mm (N° 10) y son atrapadas en el tamiz de 0.425mm (N° 40).
 - iii. **Fina.** Comprenden las partículas que atraviesan el tamiz de 0.425mm (N° 40) y son atrapadas en el tamiz de 0.075mm (N° 200).



Figura 21: Sistema Unificado de la Clasificación de Suelos

Fuente: Dr. Lorenzo Borselli (2007) ppt

- e) **Arcilla.** Abarca los suelos que atraviesan por el tamiz N° 200 (0.075 mm). Para su división, una arcilla es el suelo de grano fino, o la de porción fina de un determinado suelo, con sus propiedades plásticas.

- f) **Limo.** Es un suelo que atraviesan el tamiz N° 200 (0.075 mm), de naturaleza que no es plástica o es ligeramente plástica y que muestra poca o ninguna resistencia cuando se ha secado al aire. Un limo es un suelo, con nada o muy baja plasticidad.

- g) **Arcilla Orgánica.** Es del tipo arcilla con suficientes contenidos de la materia orgánica, como para poder influir en las propiedades del suelo, como arcilla, excepto que su valor de sus límites líquidos logrado una vez secado en horno, sea menor al 75% de ese valor antes de que sea secado.

- h) **Limo Orgánico.** Engloba a un suelo limo que cuenta suficientes contenidos de materias orgánicas, se clasifica como limo, excepto, que el valor de sus límites líquidos, después de secarse en el horno sea menor al 75%, antes de que sea secado.

- i) **Turba.** Comprende un suelo que está compuesto básicamente de una materia vegetal, en varios estados de su descomposición.

1.5.1.3. Sufijos para características particulares del suelo:

W = (Well graded) Bien graduado.

P = (Poorly graded) Mal graduado.

L = (Low plasticity) Baja plasticidad, límite líquido menor a 50%.

H = (High plasticity) Alta plasticidad, límite líquido mayor a 50%.

Podrían hacerse combinaciones que nos ayuden a describir de una mejor manera, el suelo en estudio, ejem: una arena “S”, si tuviera entre sus características, estar bien graduada, será “SW”, y así mismo, un limo “M”, que contenga una elevada plasticidad, se representará con las siguientes letras: “MH”.

El sistema Unificado de clasificación de suelos, utiliza como identificación los siguientes símbolos:

Símbolo	G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos o arcillas orgánicas	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado
	Primera letra						Segunda letra			

Figura 22: Sistema Unificado de la Clasificación de Suelos
Fuente: Dr. Lorenzo Borselli (2007) ppt

1.5.1.4. Un símbolo doble

Corresponden a los símbolos que se separan con un guión, ejemplos: “GP-GM”, “SW-SC”, “CL-ML”, las cuales son usados para indicarnos que tenemos las propiedades de 2 grupos de suelos.

Estos tipos son cuando se tienen los finos entre 5%-12% o cuando las coordenadas de límites líquidos con el índice de plasticidad se ubican sobre el área normada de la Carta de Plasticidad en su parte sombreada: CL-ML. En la primera parte del símbolo doble nos da referencia a que si, aquella fracción gruesa sea pobremente o bien gradada, la segunda parte describe la naturaleza de suelos que son finos.

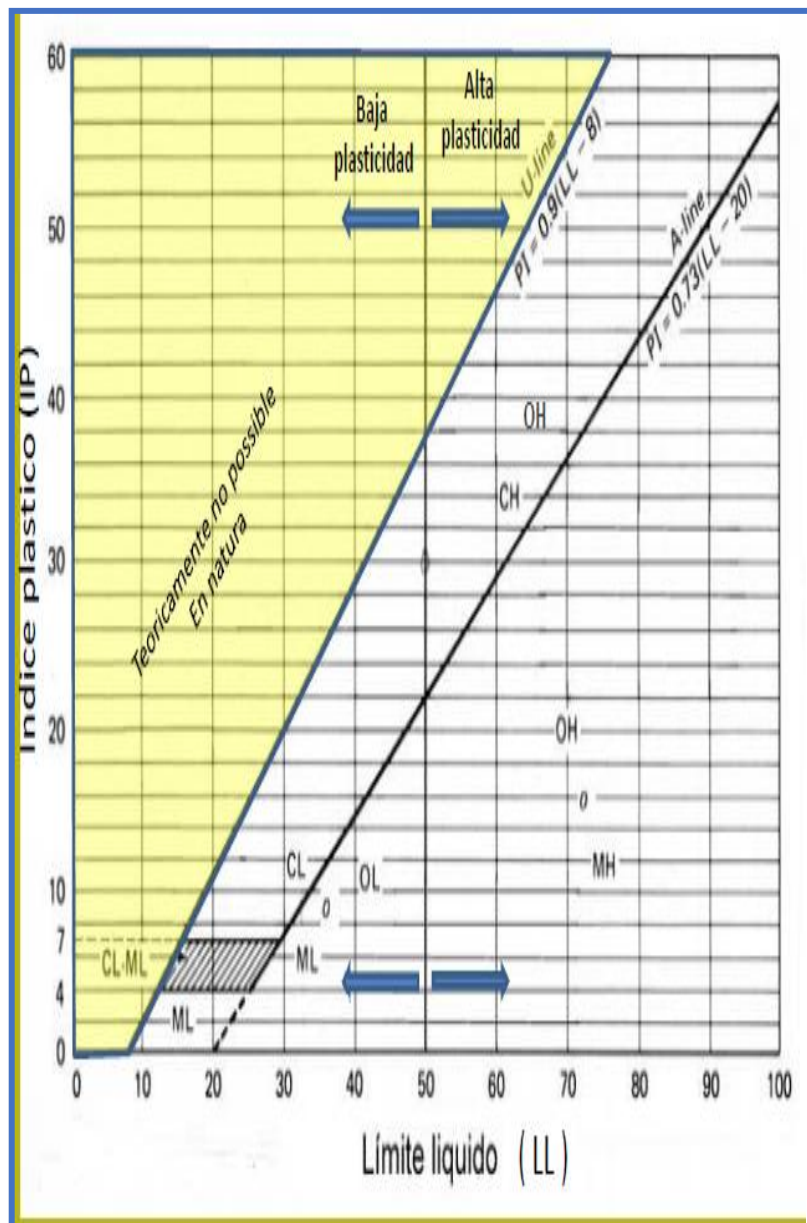


Figura 23: Carta de Casagrande – Suelos finos y Límites de Plasticidad
Fuente: Dr. Lorenzo Borselli (2007) ppt

1.5.2. Norma (ASTM D - 422) – Granulometría

1.5.2.1. FINALIDAD

La determinación cuantitativa, de la distribución de los tamaños de las partículas del suelo a estudiar, describe los métodos y requisitos para poder determinar los diferentes porcentajes de suelo, y que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74mm (N° 200).

1.5.2.2. APARATOS

a) DOS (2) balanzas

- i. Una que tenga sensibilidad de 0.01g para el pesado de material que atraviere el tamiz de 4,760mm (N° 4)
- ii. Otra que tenga sensibilidad 0.1% del peso muestral, para el pesado de los materiales, y que son retenidas en el tamiz de 4,760mm (N° 4).

b) Tamices con malla cuadrada

75mm (3"), 50,8mm (2"), 38,1mm (1½"), 25,4mm (1"), 19,0mm (¾"), 9,5mm (3/8"), 4,76mm (N° 4), 2,00mm (N° 10), 0,840mm (N° 20), 0,425mm (N° 40), 0,250mm (N° 60), 0,106mm (N° 140) y 0,075mm (N° 200).

c) Podemos usar, entre las alternativas, una serie de tamizados que al dibujar la gradación, nos dé la separación uniforme dentro de los puntos del gráfico; como la siguiente:

75mm (3"), 37.5mm (1-½"), 19.0mm (¾"), 9.5mm (3 /8"), 4.75mm (N° 4), 2.36mm (N° 8), 1.10mm (N° 16), 600mm (N° 30), 300mm (N° 50), 150mm (N° 100), 75mm (N° 200).

- d) Horno, con temperaturas que sean parejo y constante, hasta de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$).
- e) Envases apropiados para la manipulación y secado de muestras de los suelos a ensayar.
- f) Cepillo y brocha, que ayuden a la limpieza de las mallas de los tamizadores.

1.5.2.3. MUESTRA

Según las características que se detalle a cada material fino de la muestra, el análisis de tamizado se hacen o con la muestra entera, o sino con una parte de ella, ya después de liberar los finos por la técnica de lavado.

Curva granulométrica

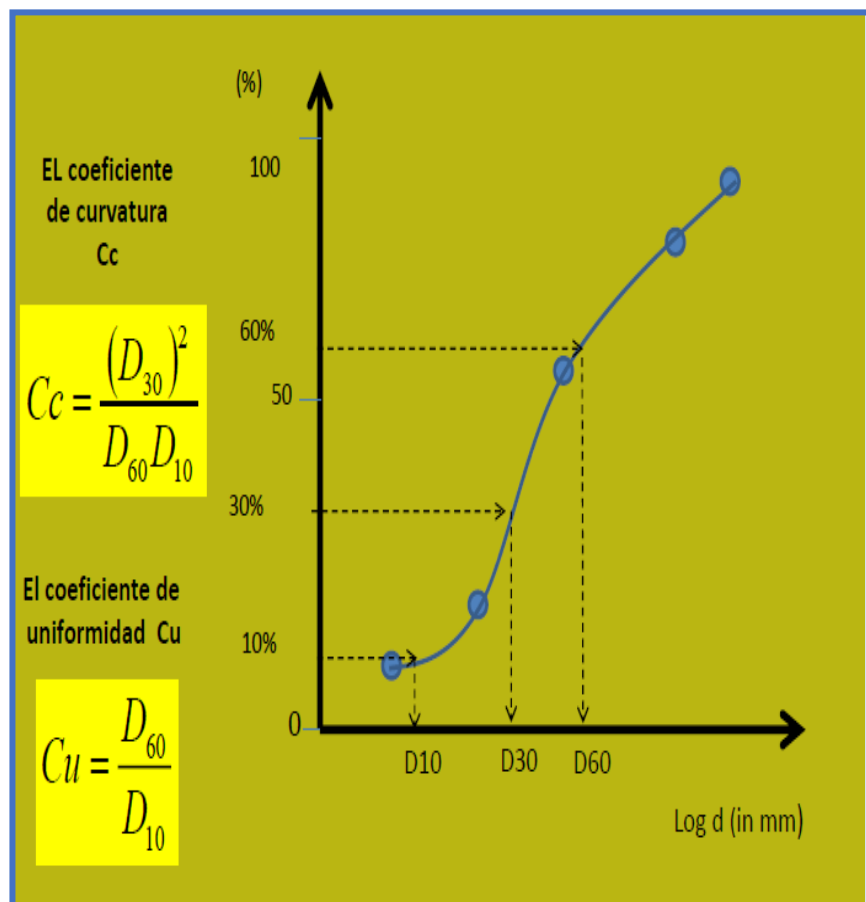


Figura 24: Curva o Distribución Granulométrica
Fuente: Dr. Lorenzo Borselli (2007) ppt

1.5.3. Norma (ASTM D - 4318) - Límites

1.5.3.1. FINALIDAD

Es la determinación del límite plástico que se va a obtener en laboratorio, la cual caracteriza un tipo de suelo, y su cálculo de índice de plasticidad (IP), por si se conociera también, su límite líquido (LL).



Figura 25: Ensayo de Límite Líquido

Recuperado de: http://geotecnia-sor.blogspot.pe/2010/11/consistencia-del-suelo-limites-de_25.html



Figura 26: Ensayo de Límite Líquido

Recuperado de: http://geotecnia-sor.blogspot.pe/2010/11/consistencia-del-suelo-limites-de_25.html

Se califica como el límite plástico (LP), a la mínima humedad con la que se podrían formar algunas barras o rodillos de suelo de 3,2mm (1/8pulg) de diámetro, haciendo rodar el mencionado suelo, con la palma de la mano en la superficie lisa (vidrio esmerilado), de tal manera que los mencionados rodillos, no se desarmen o se desmoronen.



Figura 27: Ensayo de Límite Plástico

Recuperado de: http://geotecnia-sor.blogspot.pe/2010/11/consistencia-del-suelo-limites-de_25.html

1.5.3.2. APARATOS

- a) Espátula que tenga hoja flexible, con una dimensión de 75 a 100mm (3"-4") de longitud, y de ancho, 20mm (3/4pulg).
- b) Recipiente de porcelana o similar para almacenaje, que tenga un diámetro de 115mm (4 1/2").
- c) Balanza que tenga una aproximación a 0.01 gr.
- d) Horno, controlado termostáticamente y regulable a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$).
- e) Tamizador, de 426 μm (N°40).
- f) Agua destilada.
- g) Vidrios de reloj, o recipientes que sean óptimos para la precisión de las humedades.

h) Extensión o mesa de amasar. Normalmente se utiliza un vidrio de espesor grueso esmerilado para este ensayo.

1.5.3.3. ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA

Cuando deseamos solo determinar su Límite Plástico, se tomará de la muestra aproximadamente 20g, que haya pasado por el tamizador de 426mm (N°40), amasado con el agua destilada, hasta que ésta pueda, armarse la masa de suelo con facilidad, sin que se pegue mucho a los dedos cuando lo aplaste, como la forma de una esfera. Hay que tomar una porción de 1,5g a 2,0g de dicho amasado como una muestra para nuestro ensayo. Si se hiciera este ensayo después del ensayo de LL, y en dicho ensayo se seca la muestra, hay que agregar agua destilada para que suelte la muestra.

1.5.3.4. PRECISIÓN

El criterio que debemos tener para juzgar la aceptabilidad de cualquier resultado para los ensayos de L.L. obtenidos en este método o tipo de ensayo que se da en la Tabla 3.

1.5.3.5. EXACTITUD

No se da un valor que sea referencial para estos métodos de ensayo; su exactitud, no puede ser determinada.

Tabla 3: Estimados de precisión

ÍNDICE DE PRECISIÓN Y TIPO DE ENSAYO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	RANGO ACEPTABLE DE DOS RESULTADOS
Precisión de un operador simple Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio Límite Plástico	3,7	10,6

Fuente: MTC 111-2000 p.2

1.6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.6.1. Problema general

¿De qué manera el diseño de un pavimento rígido optimizará la pista de aterrizaje en el aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017?

1.6.2. Problemas específicos

- a) ¿De qué manera optimizaremos la resistencia del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017?
- b) ¿Cómo las fallas comunes son minimizadas y el espesor de pavimento será optimizada con la utilización de un elemento prefabricado en el diseño del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017?
- c) ¿Cómo el suelo de fundación aportará a optimizar el diseño del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017?

1.7. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

1.7.1. Metodología

Para cumplir los objetivos del estudio, se está elaborando 2 instrumentos para medir la variable 1, que es la utilización del elemento prefabricado y su relación con la variable 2 que sería el diseño de pavimento rígido.

Estos instrumentos serán determinados y formulados por juicio de los expertos y que luego serán tamizados a través de la validez y la confiabilidad. Mediante la utilización de instrumentos que midan, se buscará establecer el nivel relacionado entre sus respectivas variables.

1.7.2. Práctica

El propósito en este Proyecto de Tesis es el de reunir los conocimientos de las últimas investigaciones en el tema de diseño de pavimento rígido que operan en ambiente de alta salinidad o próximo al mar, y permitir que esa información sea incluida en una ‘base de durabilidad’ al diseño del elemento de concreto.

Los resultados de esta investigación, afianzará los propósitos de diseño de la pista de aterrizajes de aeronaves en la Base Aeronaval de San Juan de Marcona y también nos servirá como un soporte para futuras obras de pavimentación con la utilización del Sistema Dowels en los pavimentos rígidos de aeródromos en otros distritos del país, que cuenten con capacidades similares a lo propuesto, adicional a ello y una vez puesta en práctica, podemos considerarlo en la realización de un expediente técnico en la ejecución del pavimento rígido para la pista de aterrizaje en la zona de estudio.

1.8. HIPÓTESIS

1.8.1. Hipótesis general

Aplicando procedimientos normados en la elaboración del proyecto, y utilizando un elemento prefabricado se optimizará el diseño del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017.

1.8.2. Hipótesis específicas

1.8.2.1. Aplicando procedimientos normados en la elaboración del proyecto, optimizaremos la resistencia del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017.

Los daños producidos a un pavimento por CUATRO (4) camiones semi-remolque de 36Tn cada uno, equivalen al peso de 38092 automóviles o el peso de un Airbus A310 en su modo de Peso Máximo de Despegue (MTOW). En México, el coeficiente de daño medio de camiones pesados es CUATRO (4) veces mayor que en los Estados Unidos, esto nos da una referencia de su pérdida de resistencia para la cual fue diseñado, como falla en los procedimientos establecidos para elaborar los pavimentos rígidos, por lo que debemos de conllevar las normas, sin obviarlas o hacerlas a términos medios en los procedimientos de selección de agregados, dosificación de mezclas, control de calidad de la mezcla y resistencias del cemento a la compresión y flexión; entre otros que forman parte de la construcción del pavimento rígido. (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., 2013.)

- 1.8.2.2. Utilizando un elemento prefabricado en el diseño del pavimento rígido minimizaremos las fallas comunes y el espesor de pavimento rígido será optimizada en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017.

Las diferentes formas y procedimientos de elaborar los pavimentos rígidos nos dará un espesor mínimo requerido para hacer la pista. Para disminuir el espesor requiere de un procedimiento específico, entre una de ellas, el uso de mallas de ingeniería, pasadores longitudinales y transversales como la de una canastilla Dowel (Elementos prefabricados) para un elevado número de ejes equivalentes. E. Becker, en un Estudio Comparativo de Costos de Pavimentos en Buenos Aires, (2004), nos aclara que uno convencional con pasadores conllevan entre 0.23 y 0.25m de espesor mínimo, un pavimento con losas chicas optimizadas, 0.20 y 0.21m, finalmente otro pavimento sin juntas continuamente reforzado de hormigón y cuantía longitudinal de 0.5% puede llevar un espesor promedio entre 0.23 y 0.25m. (Empresa InterCement, s.f.)

Para Montalvo, M. (2015, p.76), un Diseño bajo la Norma PCA y con ensayos de diferentes espesores: “Entonces tenemos 3 espesores, 300 mm para cargas vehiculares SIN Dowels, 250 para cargas vehiculares CON Dowels y 285 mm para losas sometidas a cargas puntuales. En la planta obtenida que se está tomando como ejemplo, se tomará un espesor uniforme ya que el área donde se encuentra se someterá a cargas vehiculares también estará la losa sometida a cargas puntuales. [...]”, en la cual podemos apreciar de una optimización del espesor de pavimento rígido con Dowels, en un 16.67%.

1.8.2.3. El conocimiento y establecimiento de nuestro suelo de fundación nos garantizará la vida útil en el diseño del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017.

La ausencia casi total de arcilla o limo, en el suelo de fundación nos da una buena categoría al lecho donde irá el pavimento, en las que nos garantizará una mejor vida útil, característico de la zona del distrito de Marcona - Nazca, como el caso de Marco Antonio CONTRERAS, en su tesis de grado de Ingeniería Geológica (2014) e información pública del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET, (2017), quienes nos confirman el estado del terreno con contenido de suelo “EXCELENTE”, lo cual nos da una tercera validez a los ensayos que se ha realizado en el laboratorio de la Universidad Nacional Federico Villareal. Esta será ensayada por medio de ensayos para determinar su coeficiente de balasto (k), efectuado el ensayo aleatoriamente entre los bordes y el eje del futuro pavimento rígido, por lo menos cada 100 m, o en casos de suelos homogéneos cada 200m, como lo establece diferentes entidades, entre ellas el Instituto Boliviano del Cemento y del Hormigón. (Octubre 2012, p.45).

1.9. OBJETIVOS

Para Hernández, Fernández, y Baptista (2014, p.60), los objetivos son “en primer lugar, es necesario establecer qué pretende la investigación, es decir, cuáles son sus objetivos. Hay investigaciones que buscan ante todo contribuir a resolver un problema en especial -en este caso debe mencionarse cuál es y de qué manera se piensa que el estudio ayudará a resolverlo- y otras que tienen como objetivo principal probar una teoría o aportar evidencia empírica a ésta”

1.9.1. Objetivo general

Aplicar los procedimientos normados en la elaboración del proyecto, y utilizar un elemento prefabricado para optimizar el diseño del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017.

1.9.2. Objetivos específicos

- a) Aplicar los procedimientos normados en la elaboración del proyecto, para optimizar la resistencia del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017.
- b) Utilizar un elemento prefabricado en el diseño de pavimento rígido para minimizar las fallas comunes y para optimizar el espesor del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017.
- c) Verificación del Suelo de Fundación para establecer y optimizar el diseño del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017.

II. MÉTODO

2.1. Diseño del Desarrollo de Proyecto de Investigación

2.1.1. Diseño

Este Desarrollo de Proyecto de Investigación será de Diseño No Experimental Correlacional, porque interactúan entre sus variables, tal como podemos apreciar en la figura 28.

Hernández, Fernández, y Baptista (2014, p. 129), afirman que “El término **EXPERIMENTO** tiene al menos dos acepciones, una general y otra particular. La general se refiere a “elegir o realizar una acción” y después observar las consecuencias (Babbie, 2014). Este uso del término es bastante coloquial; así, hablamos de “experimentar” cuando mezclamos sustancias químicas y vemos la reacción provocada, o cuando nos cambiamos de peinado y observamos el efecto que causa en nuestras amistades. La esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados”

Por otro lado, Hernández, Fernández, y Baptista (2014, p. 127), afirman que las investigaciones experimentales son las “que administran estímulos o tratamientos y/o intervenciones. Este uso del término es bastante coloquial; así, hablamos de “experimentar” cuando mezclamos sustancias químicas y vemos la reacción provocada, o cuando nos cambiamos de peinado y observamos el efecto que causa en nuestras amistades. La esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados”.

Este Desarrollo de Proyecto de Tesis tendrá entre su requisito básico, la ejecución premeditada en una o más de sus variables, y ésta es la que consideraremos como una supuesta causa en la relación sus variables. Cabe destacar que como investigadores tenemos la facultad de incluir en nuestro estudio, 2 o más variables, ya sean dependientes o independientes. Cuando existe una relación causal entre una variable dependiente o independiente, y si variamos de una manera deliberada una variable, la otra también debería variar; ejem: si la motivación es una causa de una productividad, cuando se varíe esa variable “motivación”,

debe variar la variable: “productividad”. En el caso de este proyecto, el Sistema Dowels, variará la resistencia de flexión de nuestro diseño del pavimento.

TIPO DE DISEÑO	DISEÑOS GENERALES	DISEÑOS ESPECÍFICOS
1 Experimental	1.1 Preexperimentales. 1.2 Experimentos puros. 1.3 Cuasiexperimentales.	(De Salomón, factoriales y series cronológicas).
2 No experimental	2.1 Transeccionales o transversales. 2.2 Longitudinales	2.1.1 Descriptivos. 2.1.2 Explicativos causales. 2.1.3 Correlacionales. 2.2.1 De tendencia o trend. 2.2.2 De evolución de grupos o cohort 2.2.3 De panel.

Figura 28: Diseño de Investigación

Fuente: Metodología de Investigación Científica. Carrasco, S. (2013, p.60)

2.1.2. Tipo de Investigación

Este trabajo es del tipo: Investigación Aplicada, ya que usamos los procedimientos, rangos y normas ya establecidas por los estándares nacionales e internacional, para lo cual detallaremos diferentes conceptos y también la investigación básica para poder diferenciarla.

Para Carrasco, Sergio (2013, p.43), la investigación básica es: “La que no tiene propósitos aplicativos inmediatos, pues solo busca ampliar y profundizar el caudal de conocimientos científicos existentes acerca de la realidad. Su objeto de estudio lo constituyen las teorías científicas, las mismas que las analiza para perfeccionar sus contenidos. Algunos ejemplos de Investigación básica: Investigación en el campo de la Matemática; Investigación en el campo de la Biología general;

Investigación en el campo de la Filosofía; Investigación en el campo de la Lógica”

Por otro lado, para Hernández, Fernández y Baptista (2013, p.15), La investigación en sí, “puede cumplir dos propósitos fundamentales: a) Producir conocimiento y teorías (Investigación Básica) y b) Resolver problemas prácticos (Investigación Aplicada). Gracias a estos dos tipos de investigación la humanidad ha evolucionado. La investigación es la herramienta para conocer lo que nos rodea y su carácter es universal”

Finalmente, para Carrasco, Sergio (2013, pp.43 y 44), la investigación aplicada es: “La que se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad. Para realizar investigaciones aplicadas es muy importante contar con el aporte de las teorías científicas, que son producidas por la investigación básica”

Para Vargas, Zoila (2009, p.14), la investigación aplicada es: “La que sólo considera los estudios que explotan teorías científicas previamente validadas, para la solución de problemas prácticos y el control de situaciones de la vida cotidiana”

2.1.3. Nivel de Investigación

Nivel de la investigación Explicativa.

Para Behar, Daniel (2008, pp. 21-22): “Mediante este tipo de investigación, que requiere la combinación de los métodos analítico y sintético, en conjugación con el deductivo y el inductivo, se trata de responder o dar cuenta de los porqué del objeto que se investiga. Además de describir el fenómeno tratan de buscar la explicación del comportamiento de las variables. Su metodología es básicamente cuantitativa, y su fin último es el descubrimiento de las causas”

Por otro lado, para Bernal, César (2010, p.115): “Como se afirma que la investigación descriptiva es el nivel básico de la investigación científica, la investigación explicativa o causal es para muchos expertos el ideal y nivel culmen de la investigación no experimental, el modelo de

investigación “no experimental” por antonomasia. La investigación explicativa tiene como fundamento la prueba de hipótesis y busca que las conclusiones lleven a la formulación o al contraste de leyes o principios científicos. Las investigaciones en que el investigador se plantea como objetivos estudiar el porqué de las cosas, los hechos, los fenómenos o las situaciones, se denominan explicativas. En la investigación explicativa se analizan causas y efectos de la relación entre variables”.

Este nivel considera a todo nuestro proceso de buscar el porqué de todo lo constituido lo cual serán necesarios y nos permitan obtener un nivel más amplio de validez y confiabilidad en nuestras conclusiones y recomendaciones de nuestra investigación o Proyecto de Tesis.

Las investigaciones de carácter explicativo abarcan más que la sola descripción de los conceptos, fenómenos o las relaciones entre sus conceptos. Es decir, estas investigaciones van dirigidas a argumentar el origen de todos los eventos, como también los llamados fenómenos físicos y sociales.

Como menciona el nivel, entendemos por el nivel de investigación explicativa debido a que el interés se va a focalizar argumentando las causas del fenómeno determinado y como se manifiesta, esa relación entre sus dos variables con que cuentan esta investigación o también en qué condiciones.

2.1.4. Método de Investigación

El método de la investigación será hipotético – deductivo.

Para Behar, Daniel (2008, p. 40): “En el método hipotético-deductivo (o de contrastación de hipótesis) se trata de establecer la verdad o falsedad de las hipótesis (que no podemos comprobar directamente, por su carácter de enunciados generales, o sea leyes, que incluyen términos teóricos), a partir de la verdad o falsedad de las consecuencias observacionales, unos enunciados que se refieren a objetos y propiedades observables, que se obtienen deduciéndolos de las hipótesis y, cuya verdad o falsedad estamos en condiciones de establecer directamente.”

En este método nos orientaremos a seguir varios pasos muy importantes como es el de la contemplación del tema a estudiar, en este caso a nuestro pavimento rígido, a través de hipótesis para intentar explicar y deducir las consecuencias o proposiciones más vitales que nuestras hipótesis planteadas al inicio de este Proyecto de Tesis. Finalmente, estas explicaciones serán verificadas o comprobadas para obtener un mejor análisis.

Se entiende por el método hipotético-deductivo al camino o procedimiento que el investigador sigue, para elaborar de su práctica una actividad científica, éste método tiene varias secuencias fundamentales: la observación misma del evento que será estudiado, la creación de las hipótesis en la que va a argumentar el mencionado evento, la suposición de las proposiciones más elementales o también las consecuencias de sus propias hipótesis, y la verificación en la verdad del enunciado que serán relacionados y deducidos con la propia experiencia.

En este método se comprometerá al investigador en el de enlazar la reflexión que sea racional como también la formulación de sus hipótesis y sus respectivas deducciones con el análisis del momento empírico o la misma realidad.

2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Operacionalización en la Variable Independiente

Utilización de un elemento prefabricado en el pavimento rígido

Tabla 4: Operacionalización de la Variable Independiente.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems Metodología
Utilización del elemento prefabricado	Para Merchán, Andrea (2014, p. 30): "El análisis por el método de las dovelas supone que el factor de seguridad es el mismo para todas y cada una de las dovelas, además, en cada una de ellas se deberá analizar el equilibrio de fuerzas que actúan en cada dovela"	El Sistema Dowels está compuesto de 2 componentes como la placa de acero y su funda, y cuya función es la de transferir cargas en sus juntas con los pisos o pavimentos rígidos. Adicionalmente, proporciona una alineación ideal, como también nos asegura su movimiento libre de las losas de concreto.	Espesor del Pavimento	Factor de Equivalencia	Norma OACI
				Dimensionamiento	Método AASHTO
				Métodos de diseño	Norma OACI
			Fisuras en Pavimentos Rígidos	Evaluación superficial	Visual
				Evaluación estructural	Ensayos no destructivos
				Evaluación de fisuración en estado endurecido	Estudio de tipos Evaluar el porcentaje mínimo requerido por la norma.

Fuente: Elaboración Propia.

Operacionalización de la Variable Dependiente

Diseño de un pavimento rígido

Tabla 5: Operacionalización de la Variable Dependiente.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems Metodología
Diseño de un Pavimento Rígido	Según el DGIP, (2015, p.15) el pavimento rígido: "Es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de sub-base granular, no obstante esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivos"	Este pavimento transmite directamente aquellos esfuerzos a la parte sub-base en una forma ya minimizada, propiamente dicho es resistente, para ello la cantidad de concreto tiene que ser controlada, su costo es más elevado que el de un pavimento flexible.	Resistencia de un Concreto.	Fluidez del concreto	Cono de Abraham NTP 339.035 ASTM C 143
				Resistencia de la compresión	Ensayo de Compresión ACI 318.08 NTP 339.034 ASTM C 39
			Coeficiente del drenaje	Granulometría	Tamización MTC E107 ASTM D-422
				Límites	MTC E110 y E111 ASTM D-4318
				Clasificación de suelo	SUCS ASTM D-2487
				Capacidad de soporte de su suelo	Tiempo del drenaje de agua en la base y sub base
			Distribución y estructuración sobre las Juntas	Junta dilatante.	Estudio de tipos Espaciamientos
				Junta transversal y longitudinal	Estudio de tipos

Fuente: Elaboración Propia.

2.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

2.3.1. Población

Para Sampieri, Roberto (2003, p. 203), “Toda investigación debe ser transparente, así como estar sujeta a crítica y réplica, y este ejercicio solamente es posible si el investigador delimita con claridad la población estudiada y hace explícito el proceso de selección de su muestra. Se define como el conjunto de casos donde el investigador intenta de generalizar o descifrar a través de una muestra”.

En este proyecto de tesis, se propone seleccionar como población los pavimentos rígidos de los aeródromos en la Región Sur del país, ya que recién se está implementando este tipo de pavimentos por el Perú y es donde se puede evidenciar.

2.3.2. Muestra

Para Pimienta, Lastra (2000 p. 265) Nos indica: “En este tipo de muestreo, denominado también muestreo de modelos, las muestras no son representativas por el tipo de selección, son informales o arbitrarias y se basan en supuestos generales sobre la distribución de las variables en la población”.

Una muestra podemos definir como una significativa representación de la población en sí. En este proyecto de tesis se propone seleccionar como muestra, el pavimento rígido del aeródromo de la Base Naval, que podemos localizar a 500km, al sur de Lima, en Marcona -Ica, debido a que actualmente, cuenta con un pavimento flexible en mal estado y que en este proyecto recomendamos cambiar por un pavimento rígido.

2.3.3. Muestreo

Este trabajo será con un muestreo “No Probabilístico” – “Muestreo Intencional”.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnica

Utilizaremos, la que consiste, en la observación y ensayos propuestos en el párrafo 2.2, con esa finalidad de recabar datos obtenidos en el campo, con más precisión posible.

2.4.2. Instrumentos

Se ha elaborado un cuadro, donde detallaremos sus correspondientes dimensiones, de esta manera será organizado para que pueda especificarse con sus respectivos campos de estudio, metodología y análisis de los resultados.

2.4.2.1. Variable 1 (Independiente)

Utilización del elemento prefabricado

Tabla 6: Operacionalización de la Variable Independiente.

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos a usar para medir la D (laboratorio)
Para Merchán, Andrea (2014, p. 30): "El análisis por el método de las dovelas supone que el factor de seguridad es el mismo para todas y cada una de las dovelas, además, en cada una de ellas se deberá analizar el equilibrio de fuerzas que actúan en cada dovela"	El Sistema Dowels está compuesto de 2 componentes como la placa acerada y su funda, y cuya función principal es la de transferir las cargas en sus juntas con los pisos o pavimentos rígidos. Además de ello proporciona una alineación ideal, adicional a ello, nos asegura su movimiento libre de las losas de concreto.	Espesor del Pavimento	Factor de Equivalencia	Norma OACI
			Dimensionamiento	Método AASHTO
		Fisuras en Pavimentos Rígidos	Evaluación superficial	Visual
			Evaluación estructural	Ensayos no destructivos
			Evaluación de fisuración en estado endurecido	Estudio de tipos
				Evaluar el porcentaje mínimo requerido por la norma.

Fuente: Elaboración Propia

2.4.2.1. Variable 2 (Dependiente)

Diseño de un pavimento rígido

Tabla 7: Operacionalización de la Variable Dependiente.

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos a usar para medir la D (laboratorio)
Según el DGIP, (2015, p.15) el pavimento rígido: "Es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de sub-base granular, no obstante esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivos"	Este tipo de pavimento transmite directamente aquellos esfuerzos a la parte sub-base en una forma ya minimizada, propiamente dicho es resistente, para ello la cantidad de concreto tiene que ser controlada, su costo es más elevado que el de un pavimento flexible.	Resistencia de un Concreto.	Fluidez del concreto	Cono de Abraham
				NTP 339.035
				ASTM C 143
			Resistencia de la compresión	Ensayo de Compresión
				ACI 318.08
				NTP 339.034
				ASTM C 39
		Coeficiente del drenaje	Granulometría	Tamización MTC E107 ASTM D-422 AASHTO T-88
			Límites	MTC E110 y E111 ASTM D-4318
			Clasificación de suelo	Tamización SUCS ASTM D-2487
			Capacidad de soporte de su suelo	Tiempo del drenaje de agua en la base y sub base
			Junta dilatante.	Estudio de tipos
		Distribución y estructuración sobre las Juntas	Junta dilatante.	Espaciamientos
			Junta transversal y longitudinal	Estudio de tipos

Fuente: Elaboración Propia

2.4.3. Recolección de datos (Ensayos) que serán realizados por el Tesista

En este trabajo, se ejecutará en su totalidad de elementos, las que tengan ciertas semejanzas en sus características y sobre las cuales se realiza los ensayos en laboratorio, según lo establecido en las normas MTC, ASTM y NTP.

Tabla 8: Ensayos que serán realizados en la Variable Dependiente por el tesista

ENSAYOS QUE SERÁN REALIZADOS POR EL TESISTA				
Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos a usar para medir la D (laboratorio)
Según el DGIP, (2015, p.18) En los ensayos que se elijan para el pavimento rígido: "debe destacarse la significación que adquiere contar con ensayos de laboratorio, que demuestren la aptitud y tramos constructivos de prueba que ratifiquen el buen resultado. Además, se debe garantizar que tanto la construcción como la conservación vial, puedan realizarse en forma simple, económica y con el equipamiento disponible"	Este tipo de pavimento transmite directamente aquellos esfuerzos a la parte sub-base en una forma ya minimizada, propiamente dicho es resistente, para ello la cantidad de concreto tiene que ser controlada, su costo es más elevado que el de un pavimento flexible.	Resistencia de un Concreto.	Resistencia de la compresión	Ensayo de Compresión
				ACI 318.08
				NTP 339.034
				ASTM C 39
		Coeficiente de drenaje	Granulometría	Tamización MTC E107 ASTM D-422 AASHTO T-88
			Límites	MTC E110 y E111 ASTM D-4318
			Clasificación de suelo	Tamización SUCS ASTM D-2487

Fuente: Elaboración Propia

El ensayo que será usado para el concreto convencional será en acuerdo a la norma internacional ASTM C39, y es el mismo que se emplean en ensayos de resistencia a compresión para concreto de pavimentos rígidos de transporte público y carreteras. Los cilindros que serán empleados para la prueba tienen una dimensión de 4x8 pulgadas (100 x 200 mm).

De la misma manera se estará tomando muestras de suelo que pertenece a la pista de aterrizajes en el aeródromo de la Base Naval de San Juan de

Marcona en la zona no pavimentada que comprende dentro de los 2,000m de extensión del proyecto para realizar ensayos de suelos bajo las normas ASTM D-422, ASTM D-4318 y SUCS ASTM D-2487.

2.4.4. Instrumentos de Recolección de Datos

Para Gonzales, Wilmar (2017, párr.2) Todo instrumento debe responder a: "Una investigación es científicamente válida al estar sustentada en información verificable, que responda lo que se pretende demostrar con la hipótesis formulada. Para ello, es imprescindible realizar un proceso de recolección de datos en forma planificada y teniendo claros objetivos sobre el nivel y profundidad de la información a recolectar. La recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el analista para desarrollar los sistemas de información, los cuales pueden ser la entrevistas, la encuesta, el cuestionario, la observación, el diagrama de flujo y el diccionario de datos".

2.4.5. Ensayo de Resistencia a la Compresión ASTM C-39

Tabla 9: Objetivos del Ensayo ASTM C-39

ENSAYOS DE ACEPTACIÓN DEL CONCRETO	
OBJETIVO: Verificación cuantitativa del concreto que cumpla con las especificaciones normadas	
CONCRETO FRESCO	CONCRETO ENDURECIDO
Asentamiento	Resistencia a la Compresión
Temperatura	
Densidad (Peso Unitario)	Resistencia a la Flexión
Contenido de aire	
Otros (Si especifica)	Otros (Si especifica)

Fuente: Tesista

Para Dávila, M (2010, pág. 43), la resistencia del concreto endurecido a la compresión: "Es la capacidad de carga a compresión por unidad de área del concreto hidráulico, medida en ensayos de especímenes cilíndricos elaborados, curados y probados en las condiciones estándar especificadas, generalmente es expresada en kg/cm². La resistencia mecánica del concreto frecuentemente se identifica con su resistencia a compresión, porque está

representada la condición de carga en que el concreto exhibe mayor capacidad para soportar esfuerzos”.



Figura 29: Preparación de los especímenes.
Fuente: Tesista.

El ensayo que será utilizado, es la misma que para el concreto convencional, en acuerdo a la norma internacional ASTM C39, para concreto de pavimentos rígidos de transporte público y carreteras. Los probetas empleadas en la prueba, tienen las siguientes dimensiones: 4 x 8 pulgadas (100 x 200mm). Se ha llegado a compactar la mezcla (chuseado) por 25 repeticiones y 3 pequeños golpes alrededor de la probeta en puntos determinados por la forma de cruz, cada vez que llega a llenar con concreto la mitad del testigo circular, tal y como se detalla en la Tabla 10. La varilla compactadora que se ha usado es de material de acero, cilíndrico, liso de 10mm de diámetro y con una longitud de 400mm. La punta de la varilla es del tipo roma o redondeada.

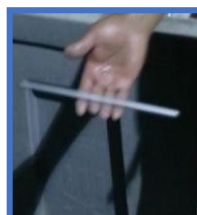


Figura 30: Varilla compactadora utilizada en el moldeado
.Fuente: Tesista.



Figura 31: Retiro del molde de los testigos cilíndricos.
Fuente: Tesista.

Los cilindros o probetas fueron desmoldados, pasada las 24 horas de colocado, y fueron posicionados en la cámara de curación, con la humedad y temperatura de gobierno en el laboratorio, donde permanecieron hasta que cumple su edad para la prueba o ensayo, a 1, 3, 7, y 28 días como lo determina la Tabla 11 y refrendado por la norma ASTM C-39. Las probetas, especímenes fueron posicionados según los días de prueba establecidos, y después pasaron a ser pesados y medidos para ser aplicados en la Prensa de Concreto.

Tabla 10: Datos para el ensayo ASTM C-39

CILINDROS PROBETAS (ESPECÍMENES)		
Diámetro del cilindro en mm	Diámetro de varilla en mm y en pulgada	Número de golpes por capa
100mm	10mm (3/8")	25

Fuente: ASTM C-39

Tabla 11: Edad de ensayos recomendados

Las probetas a ser ensayadas, estarán sujetas a las tolerancias de tiempo indicadas:

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 h	$\pm 0,5$ h ó 2,1%
3 d	$\pm 2,0$ h ó 2,1%
7 d	$\pm 6,0$ h ó 2,1%
28 d	$\pm 20,0$ h ó 2,1%
90 d	$\pm 2,0$ d ó 2,1%

Fuente: NTP 339.034, 4ta Edición, 31/12/2015

En los especímenes, se tuvo en cuenta, la cuidadosa protección o preservación de las superficies de sus cabezas, en éstas, se transmiten las cargas de compresión hacia las probetas especímenes, para eliminar efectos secundarios tales como: concentraciones de esfuerzos en la probeta y que puedan hacer fallar a la muestra de una manera irregular, siendo éstos, algo no favorable para cuestiones de precisión en los resultados.



Figura 32: Laboratorio de Ensayos de Concreto.

Fuente: Tesista.

2.4.5.1. Ensayos de Esfuerzo a Compresión de Muestras Cilíndricas

En el presente ensayo las muestras probetas estuvo conformado por DOCE (12) probetas cilíndricas de concreto para una resistencia de $f'c = 280$ Kg/cm², que fueron utilizados TRES (3) probetas por cada ensayo a UN (1) día, TRES (3), SIETE (7) y VEINTIOCHO (28) días de edad, respectivamente. Estas

muestras cilíndricas fueron curadas en la Zona de curado del mismo laboratorio.



Figura 33: Inmersión de probetas de la zona de curado.
Fuente: Tesista



Figura 34: Retiro de probetas de la zona curado.
Fuente: Tesista

2.4.5.2. Ensayos de Esfuerzo a Compresión: Edad (1) día



Figura 35: Espécimen sometido a Ensayo de Compresión, EDAD: UN (1) día
Fuente: Tesista.

A la edad del cilindro de concreto de UN (1) día, el 24 de abril del presente año, se efectuó el ensayo con la rotura de la misma, centrándolos en la máquina de ensayo de compresión y se cargan axialmente con la prensa, hasta completar la ruptura en la primera muestra, bajo la supervisión del responsable del laboratorio.

2.4.5.3. Ensayos de Esfuerzo a Compresión: Edad (3) días

El 26 de abril del 2018, a la edad de TRES (3) días del cilindro de concreto, se procedió con la colocación de la misma, en la máquina prensa de concreto y se tuvo que cargar hasta completar la ruptura en la segunda muestra, bajo la supervisión del técnico de los ensayos.



Figura 36: Espécimen sometido a Ensayo de Compresión, EDAD: TRES (3) días.
Fuente: Tesista.

2.4.5.4. Ensayos de Esfuerzo a Compresión: Edad (7) días

A la edad de los tres especímenes de SIETE (7) días, el 30 de abril, se procedió con la ruptura de las mismas, en el equipo de prensa de concreto y se tuvo que aplicar la fuerza axial de la máquina hasta completar la ruptura en la tercera muestra, bajo la supervisión del técnico de los ensayos. Se pudo apreciar que la resistencia del concreto se ha elevado considerablemente. Los resultados se anexan y se detallan en el siguiente capítulo.



Figura 37: Espécimen sometido a Ensayo de Compresión, EDAD: SIETE (7) días
Fuente: Tesista.

2.4.5.5. Ensayos de Esfuerzo a Compresión: Edad (28) días

A los últimos tres especímenes de VEINTIOCHO (28) días, se procedió con la ruptura de las mismas, en el equipo de prensa de concreto y se aplicó la fuerza axial de la prensa hasta completar la ruptura en las últimas muestras, bajo la supervisión del técnico de los ensayos. Los resultados generales se han anexado y se detallan en el siguiente capítulo.



Figura 38: Espécimen sometido a Ensayo de Compresión, EDAD: (28) días.
Fuente: Tesista.

2.4.5.6. Equipo utilizado en ensayo

La máquina utilizada para realizar los ensayos de compresión, fue la PRENSA DE CONCRETO, marca M.A. INSTRUMENTS, Modelo: STYE 2000, un equipo que nos permitirá, la ejecución de los ensayos convencionales de la compresión en especímenes cilíndricos que tengan dimensiones comprendidas entre 100 y 150mm de diámetro, ambas recomendadas por la norma internacional ASTM C-39.



Figura 39: Máquina Prensa de Concreto Modelo STYE - 2000

Fuente: Tesista.

2.4.6. Ensayo Granulométrico ASTM D-422, Ensayo de Clasificación de Suelos ASTM D-2487, y Ensayo de Límites ASTM D-4318

Para efectos de estos ensayos, y para garantizar la calidad del suelo de fundación, lo cual nos dará un punto de referencia para establecer el pavimento rígido para la pista de aterrizaje, se ha tomado muestras de suelo que pertenece a la pista de aterrizajes del aeródromo de la Base Naval de San Juan de Marcona en la zona no pavimentada que comprende dentro de los 2,000m de extensión del proyecto.



Figura 40: Visita a la Base Aeronaval de Marcona.
Fuente: Tesista.

Esta muestra necesaria ha sido requerido por el Laboratorio de Suelos, de la Universidad Nacional Federico Villareal, en su Facultad de Ingeniería Civil, para lo cual se ha extraído UNA (1) muestra de DIEZ (10) kilos aproximado por cada uno de las TRES (3) calicatas efectuadas en el campo mencionado, a 1.80m de profundidad.



Figura 41: Tipo de suelo de 0.00m a 0.15m en la Pista de aterrizaje no pavimentada
Fuente: Tesista.



Figura 42: Visita a la Base Aeronaval de Marcona, para recoger las muestras de suelos.
Fuente: Tesista.



Figura 43: Excavación de las calicatas en la pista de aterrizaje no pavimentada.
Fuente: Tesista.



Figura 44: Calicata 1, Calicata 2 y Calicata 3 en la pista de aterrizaje no pavimentada.
Fuente: Tesista.



Figura 45: Término de trabajos efectuados en la pista de aterrizaje de Marcona.
Fuente: Tesista.



Figura 46: Término de trabajos en la pista de aterrizaje de Marcona
Fuente: Tesista.

Una vez ya, en la Facultad de Ingeniería Civil, en el Laboratorio de Suelos de Universidad Nacional Federico Villareal, se procedió a pesar las TRES (3) muestras distintas de cada calicata en la balanza del laboratorio. Lo cual nos arrojó un pesado de 6.460,0 kg en la primera muestra de la calicata N° 1, 7.499,0 kg en la segunda muestra de la calicata N° 2, y 6.819,5 kg en la tercera muestra de la calicata N° 3. Las tres calicatas han sido hechas a una profundidad de 1.80m



Figura 47: Pesado de las muestras de las calicatas del suelo del aeródromo de Marcona
.Fuente: Tesista.



Figura 48: Armado de los tamices.
Fuente: Tesista.



Figura 49: Tamizado de la muestra para la granulometría del suelo.
Fuente: Tesista.

Para efectos del tamizado de la muestra se utilizó los tamices de malla cuadrada, las cuales constan de las siguientes medidas: 25,4 mm (1"), 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ "), 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ "), 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ "), 6,35 mm ($\frac{1}{4}$ "), 4,76 mm (N° 4), 2,3 mm (N° 8), 2,00 mm (N° 10), 1,18 mm (N° 16), 0,840 mm (N° 20), 0,590 mm (N° 30), 0,425 mm (N° 40), 0,297 mm (N° 50), 0,250 mm (N° 60), 0,180 mm (N° 80), 0,149 mm (N° 100) y 0,074 mm (N° 200). Los resultados son detallados en el siguiente capítulo.



Figura 50: Pesado de las muestras que pasaron el tamiz N° 4.
Fuente: Tesista.

Para efectos de la clasificación de suelos se procedió a pesar los diferentes restos que pasaron el tamiz de 4,760 mm (N° 4), y también fue pesado el material retenido en el tamiz de 4,760mm (N°4).



Figura 51: Pesado de las muestras que fueron secados con el horno
Fuente: Tesista.

La muestra que no ha pasado el tamiz de 0,074mm (N° 200), se ha lavado con una cantidad excedente de agua, y se ha tratado de evitar el aplastarla contra el tamizador y con mucho cuidado, de que no se pierda alguna partícula de las que se hayan quedado retenidas en él. Lo retenido

se puso en su recipiente, y secado en el horno, a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$), y finalmente pesado.

2.4.7. Validez

(Landeau, p. 81, 2007) “Define a la validez como grado que proporciona el instrumento según los datos por obtener, para que un proyecto de investigación sea válido se debe verificar que los aspectos en estudio deben ser de interés. Para que el estudio cubra los intereses se debe tener bien en claro el instrumento y las variables en estudio”.

Ante la calificación debida del cuadro de recopilación de los datos, estos profesionales encargados directos de los ensayos en los laboratorios, aprobarán según sus criterios y conocimientos los procedimientos dados como los resultados que fueron obtenidos en laboratorio.

De acuerdo al método seleccionado, buscaremos resultados con la más alta precisión infalible. Este trabajo de investigación se ha validado con los resultados de los ensayos que estuvo a cargo de los técnicos especialistas en los laboratorios y posteriormente conllevó la emisión de un juicio de expertos en el tema.

Como también en este caso de los asesores de nuestro curso, hemos recibido recomendaciones en cuanto a las aplicaciones tanto experiencias como conocimientos guiados por dos profesionales en pavimentos rígidos que laboran en la Dirección de Infraestructura de la Marina de Guerra del Perú, éstos nos garantizarán la adecuada validez y que nos determinará una solución a los problemas de investigación que estamos conllevando, lográndose llegar a los objetivos que fueron planteados en este trabajo.

2.4.8. Confiabilidad

Para Landeau, Pedro (2007, p.81) “Es el grado de consistencia y coherencia que se obtiene con el instrumento de medición. Para que un estudio tenga confiabilidad debe responder de inmediato al objeto de estudio”.

La confiabilidad de este Proyecto de Investigación se validará con información relevante y respectiva a los certificados de calibración actualizada con que cuentan cada máquina de ensayo respectivo de los laboratorios, esto validará la confiabilidad en la obtención de resultados propios de los ensayos de que se ejecutarán en su debido momento y que nos garantizará la confianza del buen funcionamiento de las máquinas del laboratorio que nos provee los ensayos.

2.5. ASPECTOS ÉTICOS

Para confeccionar este Desarrollo de Proyecto de Investigación, se tuvo que guiarse de la información encontradas en varias tesis, las cuales se relacionan a las variables independiente y dependiente, así de esta manera complementaremos y optimizaremos los conocimientos acerca de los temas acordes a este trabajo de investigación, también se hace mención de que las fuentes, fueron hechas con las normas y reglamentación establecidas en la adaptación de la International Organization for Standardization (ISO 690 y 690-2), norma adaptada y recomendada por la Universidad César Vallejo, adicional a ello, los datos que se van generando, también serán especificados en la bibliografía, para honrar los derechos de autoría.

III. RESULTADOS

3.1. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

Para el diseño de la pista de aterrizajes de este proyecto “UTILIZACIÓN DE UN ELEMENTO PREFABRICADO EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA”, utilizaremos el método de diseño AASHTO 93 y 98 para el Diseño de Pavimentos Rígidos, desarrollado en Illinois, U.S., en la década de los 60’s, siendo un ensayo básico, a escala real realizado durante 2 años, desarrollando las tablas, los gráficos y las fórmulas que simbolicen las relaciones de solicitación y deterioro de las múltiples secciones que fueron o sean ensayadas, el Manual de Diseño de Aeródromos de la Organización Civil Internacional (O.A.C.I.), 3ra edición 2006, y el Manual de Diseño y Operaciones en Aeródromos de la O.A.C.I., 5ta edición 2009. De la misma manera nos apoyaremos en las normas peruanas e internacionales que nos den sustento a nuestra proposición. Las calles en el medio urbano, así como las carreteras y pistas de aterrizajes en aeropuertos que las intercomunican, son elementos fundamentales, dentro del desarrollo económico de cualquier país. Los pavimentos rígidos han ido demostrando durante muchos años, en cualquier parte del mundo, una excelente alternativa de construcción y reparación de las grandes y pequeñas vías. Este tipo de pavimento para este proyecto será utilizado porque se requiere:

- a) Larga vida útil, ver lo detallado en la Tabla 11.
- b) Costo mínimo de mantenimiento y continuidad de servicio.
- c) Costo y beneficio aceptable con respecto al rendimiento obtenido.
- d) Disminuye los daños por cargas puntuales, distribuyéndolos uniformemente.
- e) Daños mínimos por reparación durante su vida útil.

Tabla 12: Políticas del Pavimento

Opción de construcción inicial	Vida de servicio (años)
Asfalto sobre asfalto pulverizado	18
Asfalto sobre concreto rublizado	22
Concreto (base densa)	25
Concreto (base drenante)	31
Concreto sobre concreto rublizado	31

Fuente: Wisconsin MTC, 2017

3.1.1. Resistencia requerida del concreto del proyecto.

Llevará la resistencia de $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Se ha tenido en cuenta la resistencia mínima requerida para poner el pavimento al servicio. Tendrá que cumplir las prácticas existentes para los procedimientos de vibrado, colocación, manejo, protección y el curado final. No se debe de permitir la adición de agua o de cemento durante el texturizado y llenado, porque alterará la proporción determinada de materiales en la superficie, y por lo tanto, su desempeño mecánico.

Solo como referencia, está en consideración, la información adicional como otro factor, también, el peso de los nuevos aviones civiles como 334,75Tn del avión Boeing B747-100B2. De hecho hay pistas de concreto se diseñan entre 30 a 50 cm de espesor y 35-48 Mpa ($f'_c = 357\text{-}489 \text{ kg/cm}^2$) de resistencia a la compresión.

3.1.2. Estudios Previos del área donde va a ubicarse el proyecto.

Se va a considerar algunas referencias de estudios previos en la geología del terreno o suelo de fundación característico de la zona del distrito de Marcona - Nazca, como el caso de Marco Antonio CONTRERAS, en su tesis de grado de Ingeniería Geológica (2014) e información pública del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – **INGEMMET**, (2017), quienes nos confirman el estado del terreno que contiene un suelo “EXCELENTE”, lo cual nos da una segunda validez a los ensayos que se ha realizado en el laboratorio de la Universidad Nacional Federico Villareal.

Para Contreras, Marco (2014, pp. 4 y 5), “Los estudios Estratigráficos y de emplazamiento de rocas subvolcánicas y plutónicas, han definido 13 unidades litológicas: El Complejo Basal de la Costa del Mesoproterozoico, la Formación Chiquerío del Neoproterozoico, la Formación Marcona de posible edad Paleozoico Inferior, la Formación Río Grande del Jurásico Medio, la Formación Jahuay del Jurásico Superior, la Formación Yauca del Cretácico Inferior, la Formación Pisco

Según el Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, N° 30 del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – **INGEMMET**, (2017, p. 149), nos confirma que el área de este proyecto a realizar tiene como: “relieve accidentado con cotas que van desde el nivel del mar hasta los 2,300 m.s.n.m. El desarrollo morfo-tectónico alcanzado en el transcurso Terciario-Cuaternario dio lugar a la formación de las siguientes unidades geomorfológicas principales: la Cordillera de la Costa, Peneplanicie Pliocénica, Depresión Preandina, Terrazas marinas San Juan – Yauca, [...]. Probablemente a principios del Paleozoico inferior se acumuló la Formación Marcona y en el Ordoviciano se emplazó el Batolito de San Nicolás. La sedimentación Mesozoica se inició con una transgresión que cubrió la región durante el Jurásico superior, [...]. Dicha regresión continuó a través del Pleistoceno y el Reciente desarrollándose terrazas marinas, dunas de arena y abanicos aluviales. [...]. Durante el Jurásico superior se habría desarrollado el Domo de Marcona, probablemente relacionado a la fase tectónica nevadiana. En este período se habría depositado el hierro de Marcona”.



Por otro lado, Contreras, Marco (2014, p. 5), “La Formación Marcona es el principal metalotecto en Pampa de Pongo. En la zona mineralizada las dolomías son reemplazadas parcialmente por Magnetita, serpentina, dolomita y sulfuros de hierro, principalmente. Son posteriores al tercer sistema de fallas (antes de ser reactivado), al emplazamiento de los intrusivos subvolcánicos y a los tres tipos de rocas plutónicas del Batolito de la Costa. La mineralización posiblemente fue originado por un pulso magmático posterior no identificado, que podría ser una monzonita”.

De esta afirmación, Contreras, Marco (2014, p. 37), nos confirma en su tesis que de manera más certera, “La Formación Marcona es el principal metalotecto del distrito minero de Marcona, en esta Formación se emplazaron los cuerpos de magnetita descubiertos en la Mina Marcona y en el Proyecto Pampa de Pongo”.

Finalmente, y en referencia a la “**Formación Chiquerío (Neoproterozoico)**”, Contreras, Marco (2014, p. 52) nos confirma que “Con este nombre se designa a una secuencia carbonatada-clástica marmorizada, expuesta entre la Mina Marcona y Pampa de Pongo. En la zona de estudio sus afloramientos más conspicuos se encuentran en el extremo suroeste a oeste de la zona de estudio, cubiertos en gran parte por depósitos cenozoicos. En la zona de perforaciones esta Formación se encuentra entre los 250 a 600 m de profundidad”.

3.1.3. Descripción Geotécnica.

La estratigrafía en el área donde se ubica el proyecto está constituida geológicamente por depósitos de terrazas marinas, y abanicos aluviales, compuestos de gravas y arenas. Siendo la estratigrafía de las diferentes calicatas encontrada en el lugar evaluado, de acuerdo a lo detallado en la siguiente figura:



CALICATAS (1.80 m de profundidad)

Km 0+900.- Grava y Arena mal graduada, de suelo uniforme, no presenta Límites en la Tabla de Límites de Attemberg (LL= N.P., I.P.= N.P). En estado de baja humedad natural (0.90) y de alta compactidad. Clasificado en el laboratorio como: SP, A-1-a (0).

Km 1+500.- Grava y Arena bien graduada, de suelo uniforme, presenta solo Límite Líquido en la Tabla de Límites de Attemberg (LL= 16.0, I.P.= N.P). En estado de baja humedad natural (0.88) y de alto compactidad y buen coeficiente de drenaje. Clasificado en el laboratorio como: SM, A-2-4 (0).

Km 1+800.- Grava y Arena mal graduada, de suelo uniforme, presenta solo Límite Líquido en la Tabla de Límites de Attemberg (LL= 17.0, I.P.= N.P). En estado de baja humedad natural (1.73) y de alta compactidad y buen coeficiente de drenaje. Clasificado en el laboratorio como: SM, A-1-b (0).

Figura 53: Descripción Geotécnica de las 3 calicatas

Fuente: Elaboración propia

3.1.4. Manuales Técnicos de Referencia.

De acuerdo a lo especificado en los 19 ANEXOS de las Normas y métodos brindados por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), organismo de las Naciones Unidas, que está integrada por 190 países, entre ellos nuestro país; con sede central en Montreal y con oficinas en las ciudades de Bangkok, Dakar, El Cairo, Lima, México, Nairobi y París; en su ANEXO 14, el Departamento de Aeródromos, rutas aéreas y de ayudas terrestres (A.G.A.), reconoció en su VI Conferencia celebrada en el año 1957, el apuro de disponer de un determinado manual que sea de una orientación dada, y que tratara sobre el diseño de aeródromos, que en la actualidad, éstas, están comprendidas en TRES (3) documentos separados:

- a) Manual de Servicios de Aeropuertos de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) – DOC 9137.

- b) Manual de Diseño de Aeródromos de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) – DOC 9157.
- c) Manual de Planificación de Aeropuertos (Airplane Characteristics for Airport Planning) – DOC 9184.

De la misma manera, y para una mejor orientación utilizaremos otros manuales como:

- d) Manual de la Administración de la Aviación Federal (FAA): Advisory Circular AC N° 150/5320-6E. Airport Pavement Design and Evaluation.
- e) Manual de la Administración de la Aviación Federal (FAA): Advisory Circular AC N° 150/5390-2B Heliport Design.

3.1.5. Normas de Referencia.

- a) Ley de Aeronáutica Civil N° 27261 y su reglamento.
- b) Regulaciones Aeronáuticas del Perú (RAP) Partes 1, 314 y 139.
- f) Normas y métodos recomendados de la Organización de Aviación Civil Internacional: ANEXO 14 y sus respectivos manuales.

3.1.6. Asignación de clave de referencia. Norma: DOC 9157

El Manual técnico de referencia (b), OACI – DOC 9157, establece una clave de referencia para el aeródromo donde va a ejecutarse este proyecto, cuya finalidad es proporcionar de alguna manera, para relacionar las numerosas especificaciones características de aeródromos, y que convengan a las aeronaves destinadas, a operar en este aeródromo, la cual constará de una clave, la cual se compone de DOS (2) elementos relacionados con la característica de funcionamiento y de las dimensiones del avión a operar.

En el primer elemento, y que es un número, basa la longitud del campo de aterrizaje o referencia de la aeronave y en el segundo elemento será una letra basada en las dimensiones de la envergadura de la aeronave, y

en la longitud del ancho exterior que alcanzan las ruedas del tren de aterrizaje principal de la aeronave.

Tabla 13: Clave de Referencia de Aeródromo.

ELEMENTO 1 DE LA CLAVE		ELEMENTO 2 DE LA CLAVE		
Núm. de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal ^a
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.

Fuente: Manual de Diseño de Aeródromos, p. 1/4

Como tenemos asignados una pista de 2000m de longitud, nos corresponde el número CUATRO (4) y seleccionamos la letra de acuerdo a la Tabla establecida por la Norma: DOC 9157, por la cual nos permite la operación de aeronaves de ala fija (aviones), con envergadura desde 36m hasta 52m (exclusive) y anchura externa entre sus bordes externos de las ruedas de su Tren de Aterrizaje, y que se da, desde 9m a 14m (exclusive), y nos correspondería la letra **D**, como lo podemos apreciar en la Tabla 13.

3.1.7. Aeronaves permitidas según la Norma: DOC 9157

El volumen I, de la norma del ANEXO 14, establece una clasificación de aeronaves de ala fija (aviones) por número y letra de clave, de las cuales se ha elegido aquellas que son operadas por las diferentes instituciones armadas y por operadores comerciales para habilitar esta estructura de pavimento que en su totalidad permitirá que se optimice hasta su máxima capacidad y soporte, la carga de aterrizaje hasta de una aeronave Boeing

737/500 (avión presidencial), siendo una aeronave de mayor porte, dentro de las Fuerzas Armadas en el Perú, con lo cual podemos establecer que la pista de aterrizaje debe tener una longitud de 2000m por un ancho 45m, para adaptarse a las máximas exigencias de las aeronaves que se ha elegido, los cuales están calculadas con el máximo peso de despegue (Maximum Take-Off Weight – M.T.O.W.), de las mismas a condiciones de 15° de atmósfera ISA, terreno a nivel del mar y pendiente CERO (0).

Tabla 14: Clasificación de aviones por número y letra de clave

Fabricante	Modelo	Número y letra de Clave	Longitud de campo de referencia del avión (m)	Envergadura (m)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal (m)
Beechcraft	B200	1B	579,0	16,6	5,6
Antonov	AN32	3C	1600,0	29,2	8,8
Fokker	F50	3C	1355,0	29,0	8,0
Bombardier Aero	CRJ 100LR	4B	1880,0	21,2	4,0
Fokker	F100	4C	1840,0	28,1	6,0
Boeing	B737-500	4C	2470,0 (*)	28,9	6,4
Douglas	DC9-15	4C	1990,0	27,3	6,0
Douglas	DC9-20	4C	1560,0	28,4	6,0
BAC	1-11-200	4C	1884,0	27,0	5,2
Lockheed	L100-30	4D	1829,0	40,4	4,9
Airbus	A310	4D	1845,0	44,8	10,9
Ilyushin	18V	4D	1980,0	37,4	9,9
Boeing	B767-200	4D	1981,0	47,6	10,8

Fuente: Manual de Diseño de Aeródromos, pp. A1/2-A1/5

- (*) La aeronave BOEING 737-500 en su versión presidencial tiene valores de máximo peso de despegue (Maximum Take-Off Weight – M.T.O.W.), inferior a todos los aviones comerciales del mismo modelo, lo cual por efecto de peso ligero, reduce su longitud de campo referencial.

Como complemento a los manuales en mención, los fabricantes de aeronaves ponen a disposición de los operadores, la publicación “Airplane Characteristics for Airport Planning” en el cual se proporcionan los datos de características del avión para la planificación general de aeropuertos utilizando cartas de pavimento. Este documento es utilizado por planificadores y operadores de aeropuertos, aerolíneas, organizaciones de consultoría de arquitectura e ingeniería y otras

agencias industriales interesadas, cada configuración de avión se representa con un rango mínimo de cinco cargas impuestas en el tren de aterrizaje principal para ayudar en la interpolación entre los valores calculados.

3.1.8. Ancho de pista establecido por la Norma: DOC 9157

El ancho de la pista no deberá dimensión menor que la dimensión recomendada, la cual está establecida en la Tabla 14, donde se establecen las que figuran el ancho mínimo de la pista de aterrizaje a diseñar, consideradas necesarias, y que garanticen la seguridad operacional de las aeronaves que aterricen en este proyecto. Los factores que van a influir en el ancho de pista son:

- a) Desviación del avión, fuera de su eje al contacto de aterrizaje.
- b) Condiciones de viento cruzado.
- c) Contaminaciones superficiales en la pista.
- d) Restos de cauchos.
- e) Aproximaciones de aterrizaje diagonal.
- f) Velocidades empleadas en la aproximación.
- g) Visibilidad de la aeronave y campo de operación.
- h) Factores humanos.

Tabla 15: Ancho establecido para una Pista de Aterrizaje

NÚMERO DE CLAVE	LETRAS DE CLAVE					
	A	B	C	D	E	F
1 (*)	1 8 m	1 8 m	2 3 m	-	-	-
2 (*)	2 3m	2 3 m	3 0 m	-	-	-
3	3 0m	3 0 m	3 0 m	4 5 m	-	-
4	-	-	4 5 m	4 5 m	4 5 m	6 0 m
(*) El ancho de cualquier pista de aproximación y que sea de precisión no debe ser menor que 30 m, cuando el número de clave sea 1 ó 2.						

Fuente: Manual de Diseño de Aeródromos, p. 5/1

Para establecer el ancho permitido de la pista de aterrizaje se ha tomado en consideración, la Tabla 5-1 del Manual del Diseño de Aeródromos de la OACI, el cual nos restringe los anchos mínimos de pista, y que son estimados para poder preservar la seguridad de operación de las aeronaves que utilicen el aeródromo, por lo cual se establece que para el número de clave de este proyecto y de acuerdo a las aeronaves de mayor porte permitidas, como el Airbus 310, Boeing B767-200 y B737-500, la pista de aterrizaje debe tener un ancho de 45 metros.

3.1.9. Longitud de Franja de pista establecida. Norma: DOC 9157

Para establecer las dimensiones de la longitud de las franjas de pista, el capítulo 5, párrafo 3 de esta Norma, nos determina 60 metros de longitud a cada lado, antes del inicio y después del término de la pista de aterrizaje, con clave de referencia 4D.

Tabla 16: Longitud de Franja de pista establecido para una Pista 4D

LONGITUD DE FRANJA DE PISTA ESTABLECIDO POR LA NORMA: DOC 915
5.3.2 Cualquier franja debe extenderse, antes del umbral y más allá del extremo de la pista o de la zona de parada, hasta una mínima distancia de:
- 60m cuando tenga número de clave 2, 3 ó 4;
- 60m cuando tenga número de clave 1 y la pista de vuelo instrumental; y
- 30m cuando tenga número de la clave 1 y la pista de vuelo visual.

Fuente: Manual de Diseño de Aeródromos, p. 5/9

3.1.10. Ancho de Franja de pista establecido por Norma: DOC 9157

Para determinar las dimensiones del ancho de las franjas de pista, el capítulo 5, párrafo 3 de esta Norma, nos determina 150m de longitud paralelos al eje longitudinal, ambos lados de la pista de aterrizaje que cuenten una clave referencial 4D.

Tabla 17: Ancho de Franja de pista con aproximación de precisión para una pista 4D

ANCHO DE FRANJA DE PISTA ESTABLECIDO POR LA NORMA: DOC 915
5.3.3 Siempre que sea posible, toda franja que comprenda una pista para aproximaciones de precisión se extenderá lateralmente en una distancia de por lo menos:
- 150 m cuando el número de clave sea 3 ó 4; y
- 75 m cuando el número de clave sea 1 ó 2;
Dimensiones a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja.

Fuente: Manual de Diseño de Aeródromos, p. 5/9

Tabla 18: Ancho de Franja de pista con aproximación sin precisión para una pista 4D

ANCHO DE FRANJA DE PISTA ESTABLECIDO POR LA NORMA: DOC 915
5.3.4 Toda franja que comprenda una pista para aproximaciones que no sean de precisión debería extenderse lateralmente en una distancia de por lo menos:
- 150 m cuando el número de clave sea 3 ó 4; y
- 75 m cuando el número de clave sea 1 ó 2;
Dimensiones a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja.

Fuente: Manual de Diseño de Aeródromos, p. 5/9

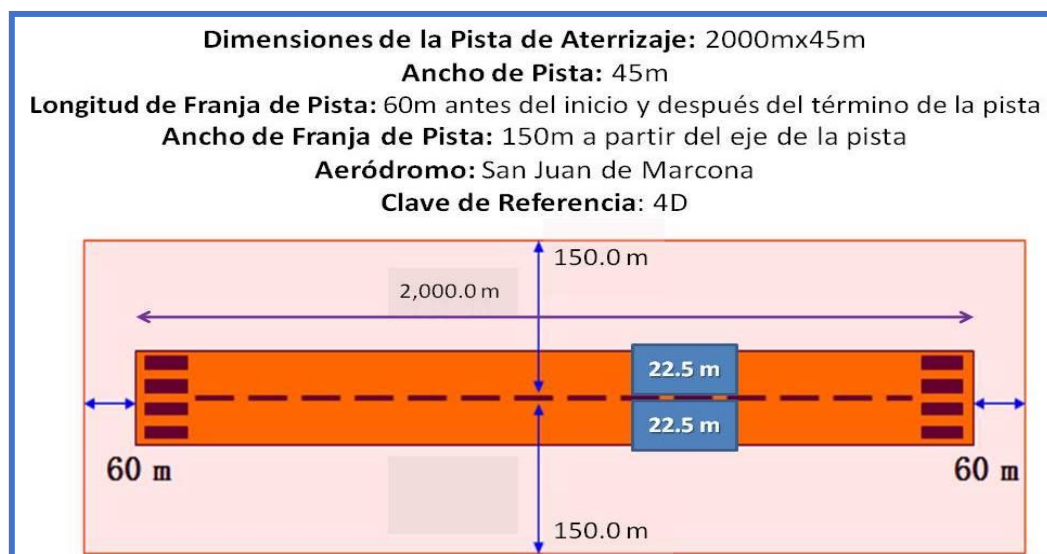


Figura 54: Dimensiones generales del Proyecto de Pista de Aterrizaje 4D

Fuente: Elaboración Propia

3.1.11. Dimensiones de la plataforma de viraje. Norma: DOC 9157

En el 1er volumen del Anexo 14, de esta norma se establece proporcionar plataformas para viraje de aeronaves, en las pistas de los aeródromos que no disponen del sistema de calles de rodaje para poder ayudar al despeje rápido de la pista, a los aviones que lleguen a aterrizar, la cual

definiremos como la superficie en el terreno del aeródromo adyacente a la pista de aterrizaje, con la intención de completar el viraje del avión a 180° sobre una pista que no está provista de una calle de rodaje, como es el caso de este proyecto.

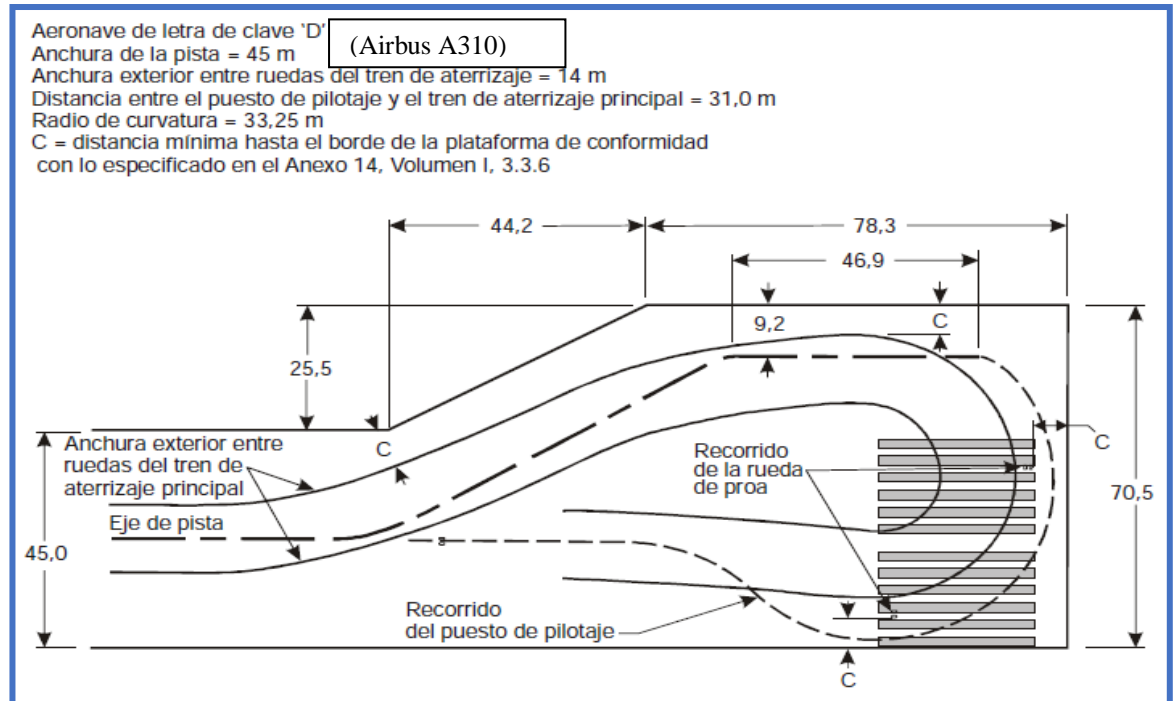


Figura 55: Dimensiones mínimas de la Plataforma de Viraje para una pista 4D
 Fuente: Manual de Diseño de Aeródromos, p. A4/7

La plataforma, área definida en todo aeródromo en tierra, la cual será destinada a dar la cabida a los aviones, para fines de desembarque o embarque de los pasajeros, la carga, el abastecimiento de combustibles, el estacionamiento o del mantenimiento, tendrá un diseño recomendada, de acuerdo la figura 54, que determina las dimensiones mínimas para el tipo de aeródromo de clave de referencia con letra "D", y será culminada como los detallado en la figura 55:

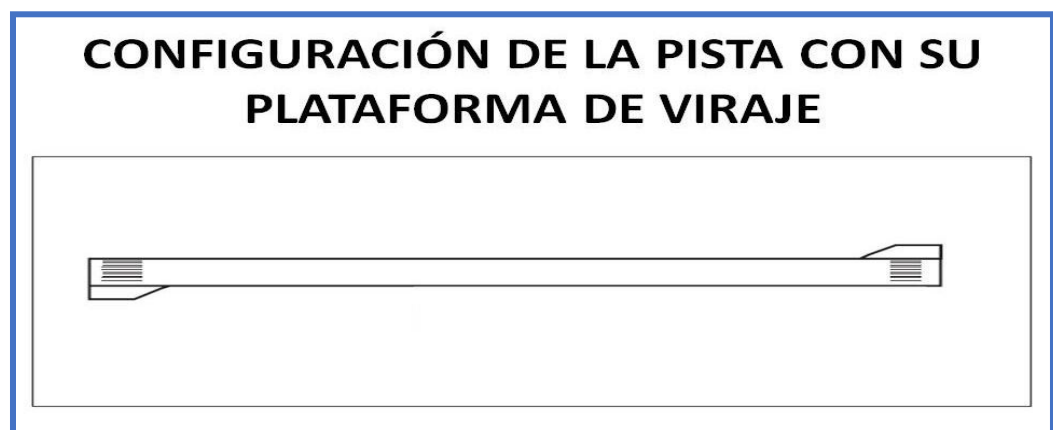


Figura 56: Configuración propuesta de la Plataforma de Viraje para una pista 4D
 Fuente: Anexo 14, Diseño y Operación de Aeródromos, p. 3/8

3.1.12. CBR, Mr y k, del suelo de fundación

El ensayo de las TRES (3) calicatas hechas en el área del proyecto donde se establecerá la pista de aterrizaje, fueron efectuados en los Tramos Km 0+900, Km 1+500 y Km 1+800 del aeródromo de la Base Naval en el distrito de Marcona - Nazca, y los ensayos de suelos, fueron realizados en el Laboratorio de Suelos - UNFV, las mismas que fueron asesoradas y supervisadas por los técnicos especialistas del propio laboratorio. Los resultados que fueron obtenidos de los diferentes ensayos y de las 3 calicatas, fueron correlacionados con los números de CBR, tal como está dentro de la zona resaltada en el siguiente cuadro:

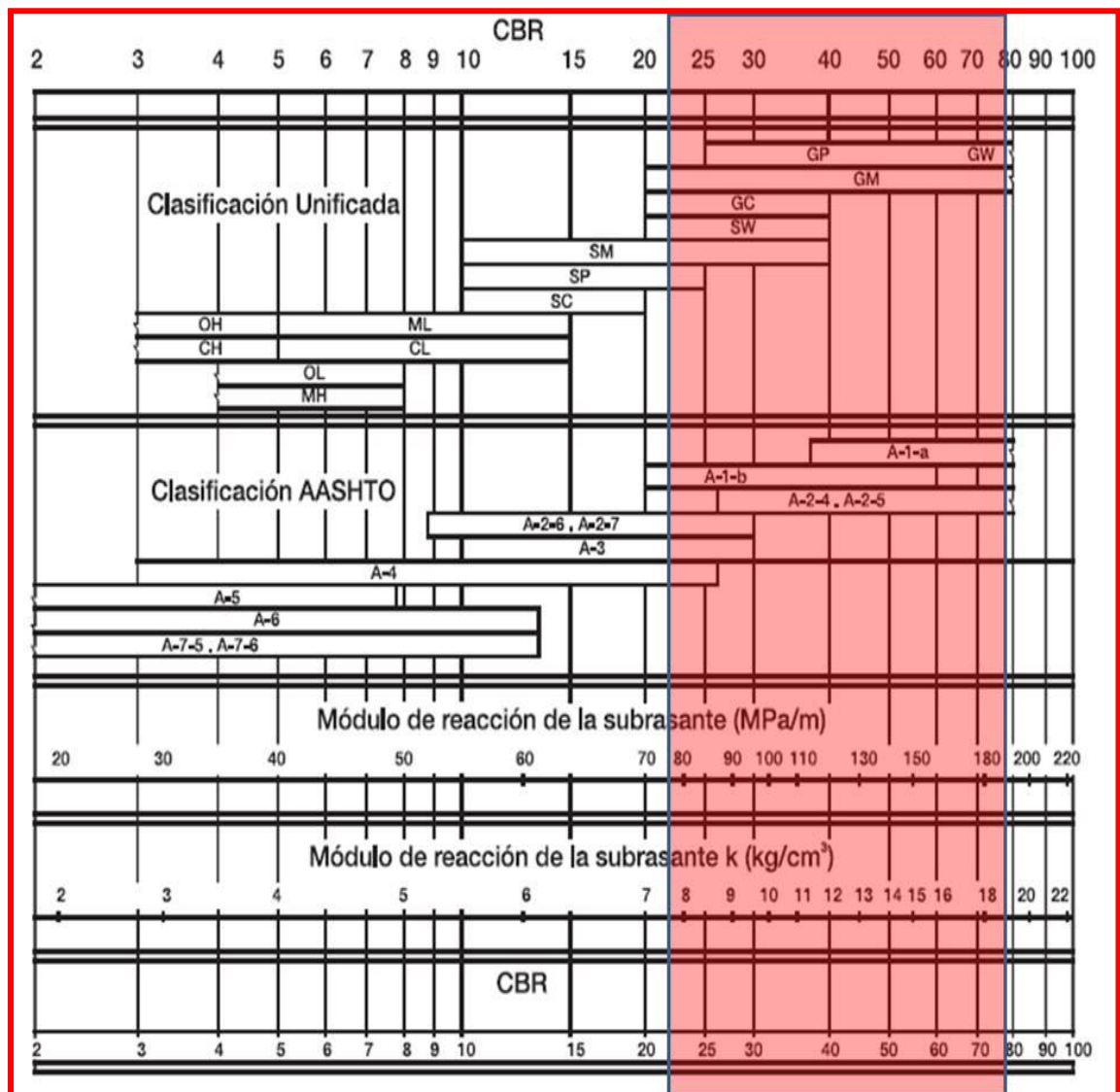


Figura 57: Guía AASHTO-93. Diseño de estructuras de pavimento. Relación aproximada de las 3 calicatas por su clasificación suelo, valores del CBR y K

Recuperado de: <http://libro-pavimentos.blogspot.com/2013/01/>

Tabla 19: Correlación entre el tipo de material, CBR, y k de las 3 calicatas

Clasificación ASSHTO	Descripción	Clasif. S. U.	Densidad Seca (kg/m3)	CBR (%)	Valor K (psi/in)
Suelos granulares:					
A-1-a, bien graduada	Grava	GW, GP	125 - 140	60 - 80	300 - 450
A-1-a, mal graduada			120 - 130	35 - 60	300 - 400
A-1-b	Arena Gruesa	SW	110 - 130	20 - 40	200 - 400
A-3	Arena Fina	SP	105 - 120	15 - 25	150 - 300
A-2 Material granular con alto contenido de finos					
A-2-4 gravoso	Grava Limosa	GM	130 - 145	40-80	300 - 500
A-2-5, gravoso	Grava Areno Limosa				
A-2-4, arenoso	Arena Limosa	SM	120 - 135	20 - 40	300 - 400
A-2-5, arenoso	Arena Gravo Limosa				
A-2-6, gravoso	Grava Arcillosa	GC	120 - 140	20 - 40	200 - 450
A-2-7, gravoso	Grava Areno Arcillosa				
A-2-6, arenoso	Arcilla Arenosa	SC	105 - 130	10 - 20	150 - 350
A-2-7, arenoso	Arcilla Grava Arenosa				
Suelos finos:					
A-4	Limo	ML, OL	90 - 105	4 - 8	25 - 165*
	Mezclas de Limo/Arena/ Grava		100 - 125	5 - 15	40 - 220 *
A - 5	Limo mal graduado	MH	80 - 100	4 - 8	25 - 190*
A - 6	Arcilla plástica	CL	100 - 125	5 - 15	25 - 255*
A-7-5	Arcilla Elástica moderadamente plástica	CL, OL	90 - 125	4 - 15	25 - 125 *
A-7-6	Arcilla muy plástica	CH, OH	80 - 110	3 - 5	40 - 220*

Calicata N° 01

Calicata N° 02

Calicata N° 03

LEYENDA

Fuente: Guía AASHTO-93. Diseño de estructuras de pavimento. Monsalve, Girado y Maya, p. 102.

Los resultados que fueron obtenidos en los diferentes ensayos en 3 calicatas, nos dan un valor obtenido de CBR mayor que 20%, como podemos apreciar en Tabla 19, nos ayuda a determinar, que posee una estructura de su suelo con soporte en condiciones “apta” para nuestra estructura del pavimento, a pesar de ello y para garantizar las pruebas de Control de Calidad, se efectuará una corrección del CBR, y se compactará por debajo de la subrasante a una profundidad de 12 pulgadas, para superar el 95%. Los ensayos obtenidos en las 3 calicatas

superan los CBR mínimos establecidos y nos garantiza un comportamiento **MUY BUENO** como suelo de fundación, la cual será el apoyo de toda la obra, garantizando su vida útil, según se muestra como la zona resaltada en la siguiente Tabla:

Tabla 20: Categorías de subrasante

CATEGORÍA	CBR (%)	COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE
S1	$CBR \leq 3$	Malo
S2	$3 < CBR \leq 5$	Regular
S3	$5 < CBR \leq 10$	Bueno
S4	$CBR > 10$	Muy Bueno

Fuente: Monsalve, Girado y Maya, p. 81.

3.1.13. Estimación del espesor de la subrasante

Será necesario una compactación de un mínimo de 0.30m, con material de hormigón muy seco que tenga asentamiento 0, elaborado en una planta, y que sea transportado en volquetes, para evitar bombeos de finos, y proporcionar apoyo uniforme y compactarlo carril por carril. La humedad que se debe de contar en la compactación no debe de variar en un $\pm 2\%$ de su Optimo Contenido de Humedad, con la finalidad de obtener los porcentajes aceptables de compactación ya especificados, con un CBR al 95%.

Tabla 21: Clasificación y usos del suelo de acuerdo a los valores de CBR

CBR	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2-5	Muy mala	Sub-rasante
5-8	Mala	Sub-rasante
8-20	Regular-buena	Sub-rasante
20-30	Excelente	Sub-rasante
30-60	Buena	Sub-base
60-80	Buena	Base
80-100	Excelente	Base

Fuente: Monsalve, Giraldo, y Maya, 2012, p.43

El grado requerido de compactación, será 95% de lo establecido en la NTP 339.141 Máxima Densidad Seca Teórica Proctor Modificado, para **SUELOS GRANULARES**, y del 95% de lo normado en la NTP 339.142 de su Máxima Densidad Seca Teórica Proctor Estándar para **SUELOS FINOS**. Será tolerado hasta un 2% menos para cualquier caso aislado, siempre que la media aritmética de SEIS (6) puntos de esa misma compactación, sea la misma o superior a lo especificado. Se comprobará la compactación por medio de CUATRO (4) controles por cada CIEN (100) metros, según referencia de la siguiente Tabla:

Tabla 22: Número de controles de compactación

TIPO DE VÍA	NÚMERO DE CONTROLES EN LA SUB-RASANTE POR CADA 100m DE VÍA PARA GRADO DE COMPACTACIÓN Y CBR IN-SITU
Expresas	4
Arteriales	3
Colectoras	2
Locales	1

Fuente: Norma CE.010 SENCICO, 2010, p.23

3.1.14. Estimación del espesor de la base

El grado que requiere la compactación requerida en la Base o Sub-base, tendrá como un mínimo, del 100% de la Máxima Densidad Seca lograda en el ensayo Proctor Modificado por el Método “C”. tendrá tolerancia de hasta 2% menos en los casos aislados, siempre que su media aritmética de SEIS (6) puntos de la mencionada compactación sea superior o igual a lo ya está especificado. Será necesaria una compactación de un mínimo de 0.25m, con material elaborado en planta y transportado en volquetes y que se cumpla con los requisitos recomendados en la siguiente Tabla:

Tabla 23: Requerimientos característicos del material de la Base

	Base Granular
CBR (mínimo)	80%
Índice Plástico	≤ 6
Límite Líquido	≤ 25
Compactación (densidad AASHTO T-180)	$\geq 95\%$
Espesores mínimos (mm)	100 para EAL < 500 000 150 para EAL $\geq 500 000$

Fuente: Norma CE.010 SENCICO, 2010, p.74

En relación a las cotas del proyecto, estará permitido una tolerancia del +/-10mm. Aquella tolerancia dada por el exceso en el bombeo, máxima será de 20%. No está permitido los errores que se dan por defecto en las flechas de bombeo, CBR mayor o igual a 30% y un compactado del 100% por el método Proctor Modificado.

Tabla 24: Requerimientos Granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A *	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4,75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2,0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4,25 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Fuente: Norma CE.010 SENCICO, 2010, p.16

3.1.15. Coeficiente de drenaje en la Base de un pavimento rígido

El coeficiente de drenaje tendrá que ser calificado como “EXCELENTE”, será evaluado por las criterios que representen en el método AASHTO-93 en relación a las características propias de su

coeficiente de drenaje del material granular, empleados como su Base y las que se expresan como el Coeficiente de drenaje para los pavimentos rígidos, y cuyo valor dependerá del factor tiempo, en la que estos materiales van expuestos a los niveles de humedad adyacente a las saturaciones, y del momento en que llega a drenar el agua y que se detallan en la siguiente Tabla:

Tabla 25: Valores de C_d recomendados por la AASHTO para pavimentos rígidos

C_d	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50% de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento estará expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación			
		Menos a 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%
Excelente	2 horas	1,25 - 1,20	1,0 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10
Bueno	1 día	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00
Regular	1 semana	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90
Pobre	1 mes	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80
Muy pobre	Nunca	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	0,70

Fuente: Norma CE.010 SENCICO, 2010, p.40

3.1.16. Estimación del espesor del Pavimento Rígido

Para diseñar o estimación del espesor del pavimento rígido, se pueden utilizar los métodos de diseño recomendados que son mecanicista puro o empírico-mecanicista, estos métodos nos permiten valorar el espesor de cada losa requerido y que pueda cumplir con sus expectativas de uso.

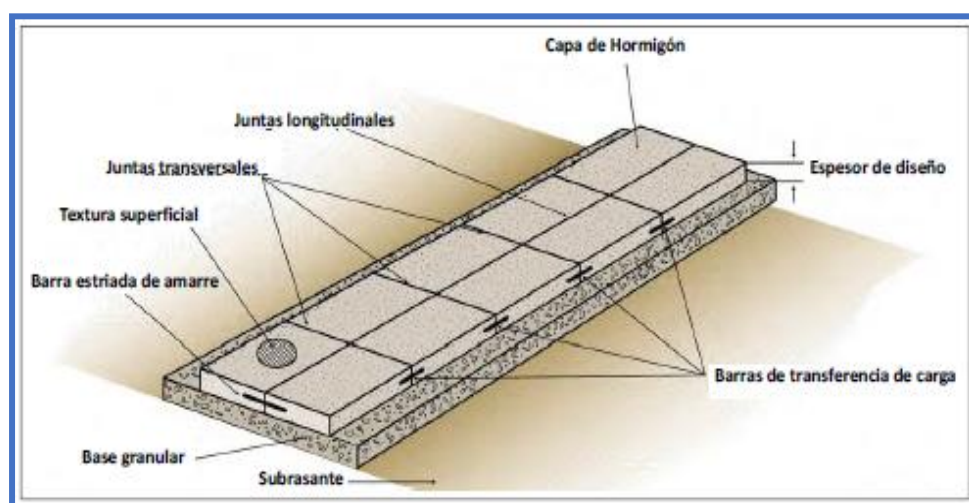


Figura 58: Elementos principales de un pavimento rígido

Fuente: Diseño de Pavimentos Rígidos, Sección 15, p. 6.

Para Delgado, F. y Quispe, C. (2012, p. 32), la resistencia del espesor considerada en el concreto va en función de dos tipos: “La metodología propuesta por la FAA para el cálculo de espesores del pavimento de un aeropuerto, ya sea un diseño rígido o flexible, se divide en dos procedimientos en función del peso de los aviones: el primero para aviones de peso menor a 30,000 lb (13,000kg) y el segundo para aviones de peso igual o mayor a 30,000 lb”.

Tabla 26: ADTT permisible, Categoría 2 de Carga por Eje-Pavimentos con Dowels en las juntas

Sin Berna de Concreto o Sardinel					Con Berna de Concreto o Sardinel				
Espesor de losa	Soporte de Subrasante - subbase				Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante - subbase			
	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		Bajo	Medio	Alto	Ma
MR = 650 PSI	5.5				5		3	9	42
	6		4	12	5.5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	6	96	380	970	3400
	7	80	320	840	6.5	710	2600		
	7.5	490	1900		7	4200			
MR = 600 PSI	8	2500							
	6				5			1	8
	6.5		8	24	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	6.5	160	620	1500	5200
MR = 550 PSI	8	590	2300		7	1000	3600		
	8.5	2700							
	6.5			4	5.5			3	17
	7		11	34	6	3	14	41	160
	7.5	15	84	230	6.5	29	120	320	1100
MR = 500 PSI	8	120	470	1200	7	210	770	1900	
	8.5	560	2200		7.5	1100	4000		
	9	2400							

Fuente: Diseño de espesores para pavimentos de hormigones, PCA. (Instituto Boliviano del cemento y hormigón para el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador, p.35).

El método mecanicista que basa su estimación, en el diseño en la acción repetitiva de cargas, de esta manera determina las fallas que se dan por la fatiga en puntos más críticos de cualquier losa de concreto y que nos permite determinar un espesor lo cual va a minimizar tensiones producto de sus condiciones. Este método empírico-mecanicista, tiene como base a la Guía de diseño AASHTO 98.

Tabla 27: Módulo de Reacción de la subrasante de diseño y valores de la base

TABLA 15-11: MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE DE DISEÑO			
RANGO CBR [%]	CBR DISEÑO [%]	K [Mpa/m]	K equivalente [MPa/m]
≤ 3	2	18.4	19.7
4-7	4	34.2	35.1
8-12	8	50.0	51.7
13-20	13	60.5	63.0
≥ 20	20	74.5	77.9

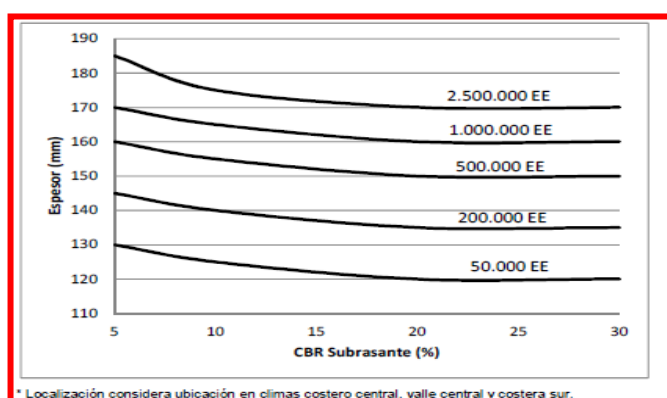
TABLA 15-12: VALORES A UTILIZAR PARA CARACTERIZAR LA BASE GRANULAR		
Tipo de Clima	Módulo de Elasticidad [Mpa]	Coefficiente de Fricción
Seco (P < 762 mm)	150	1,4
Húmedo (P ≥ 762 mm)	105	0,7

Fuente: Diseño de Pavimentos Rígidos, Sección 15, p. 40.

Para Monsalve, Giraldo, y Maya (2012, p. 27): “Desde 1935 más de 140,000 km de pavimentos suelo-cemento han sido construidos en Norteamérica. La performance demostrada por estos pavimentos a través de los años provee una valiosa información para el diseño, para los niveles de espesor que fueron utilizados. La mayoría de estos pavimentos en servicio son de 15 cm de espesor. Este espesor ha probado ser satisfactorio para las condiciones de servicio de caminos secundarios, calles residenciales y pistas de aterrizaje de tráfico ligero. Algunos pavimentos de 10 cm y 12.5 cm han sido construidos y han dado un buen servicio bajo condiciones favorables de tráfico ligero y fuerte resistencia del suelo. Muchos kilómetros de pavimentos de 17.5 cm y 20 cm de espesor están en servicio en caminos principales y vías secundarias de alto tráfico. Pavimentos con suelo cemento con espesores de 22.5 cm o más, no son numerosos, aunque algunos proyectos de aeropuertos han sido construidos con espesores de hasta 40 cm”.

Se determina el espesor de la pista en OCHO (8) pulgadas y VEINTE (20) centímetros, MR mayor o igual a 3,4 MPa (34 kg/cm²), en razón a las máximas cantidades de Ejes Equivalentes, CBR de la subrasante superior al 20% y a las juntas convencionales que permitan establecer, entre ellas, el espesor que cumpla con los criterios de alta serviciabilidad, durante su vida útil, como podemos apreciar en las Tablas 26, 27, 28 y 29.

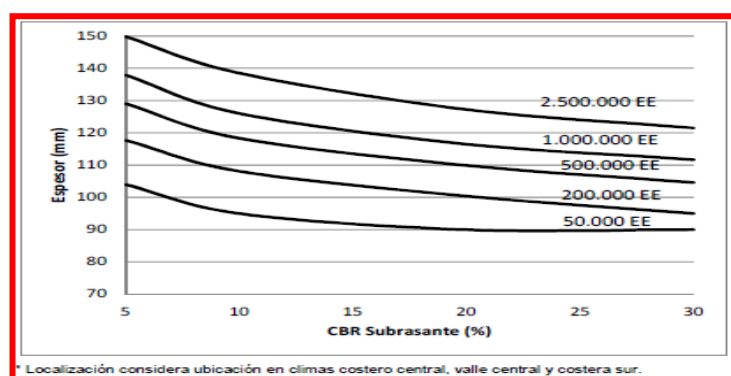
Tabla 28: Espesor de hormigón con junta convencional



Fuente: Diseño de Pavimentos Rígidos, Sección 15, p. 46.

De la misma manera se puede apreciar que con las mismas características se puede disminuir el espesor en base a un control de alabeo a 1.75m, y detallado en la siguiente tabla.

Tabla 29: Espesor de hormigón con junta convencional y junta Control de alabeo a 1,75 m



Fuente: Diseño de Pavimentos Rígidos, Sección 15, p. 46.

3.1.17. Pendientes de la Pista

3.1.17.1. Pendientes longitudinales

Como resultado final, la pendiente que se haya obtenido, al dividir esa diferencia de la elevación máxima y la mínima, a lo largo del eje de la pista, por la longitud de la misma, la cual no debe de exceder, el valor establecido:

Tabla 30: Pendiente Longitudinal permitida en Pistas de Aterrizaje

MÁXIMA PENDIENTE LONGITUDINAL		
%	Número de Clave	
1	3	4
2	1	2

Fuente: Anexo 14, OACI, p. 3/4.

3.1.17.2. Cambios de pendiente longitudinal

Cuando no se pueda evitar un cambio de pendiente entre dos pendientes consecutivas, éste no debería exceder lo establecido en la siguiente tabla:

Tabla 31: Pendiente permitida en Pistas de Aterrizaje

CAMBIO DE PENDIENTE LONGITUDINAL		
%	Número de Clave	
1,5	3	4
2,0	1	2

Fuente: Anexo 14, OACI, p. 3/5.

3.1.17.3. Pendientes transversales

Este trabajo o proyecto llevará una pendiente transversal de 1,5%. Se debe de considerar estas pendientes, sin tener que sobrepasar los límites establecidos, que faciliten una evacuación del agua, la superficie de la pista de aterrizaje, a medida de lo posible, tiene que ser convexa, excepto en los casos en que una pendiente de manera transversal única y que descienda en la misma dirección del viento, acompañado de una lluvia con mayor frecuencia, para lo cual debemos asegurar un rápido drenaje del agua pero, en cualquier caso, no debería exceder el 1,5% o 2%, según lo que corresponda, tampoco debe ser inferior al 1%, salvo en situaciones que haya como las intersecciones de una pista o calle de rodaje, en la que se soliciten pendientes más niveladas. La pendiente transversal que debe ser ideal, está detallado en la siguiente tabla:

Tabla 32: Pendiente Transversal permitida en Pistas de Aterrizaje

PENDIENTES TRANSVERSALES				
%	Letra de Clave			
1,5	C	D	E	F
2,0	A	B		

Fuente: Anexo 14, OACI, p. 3/6.

3.1.18. Resistencia del Pavimento Rígido

La resistencia del pavimento rígido, la cual está destinado a los aviones de masa en la plataforma (rampa), superior a 5700 kg, se obtendrá, a través del método del Número clasificatorios de los aviones — Número clasificatorio de los pavimentos (ACN-PCN), conteniendo lo siguiente:

- a) Número clasificatorio de los pavimentos (PCN).
- b) Tipo del pavimento que determina su valor ACN-PCN.
- c) Categoría resistente de su suelo de fundación.
- d) Valor de presión máxima permisible en los neumáticos.
- e) Método evaluativo.

NOTA: En caso sea necesario, los PCN pueden considerarse hasta una décima de un número entero, en su aproximación.

3.1.18.1. Determinación del ACN-PCN

Está contenida en la información del tipo de pavimento que lleva para determinar su número de clasificación de aeronaves - número de clasificación de pavimentos (ACN-PCN), la categoría de la resistencia de su suelo de fundación, categoría de presión máxima permisible de los neumáticos de las aeronaves y el método de evaluación, las cuales serán notificadas utilizando las siguientes claves:

- a) Tipo de Pavimento

A este proyecto, le corresponde la Clave de Letra “R” por ser un pavimento rígido:

Tabla 33: Clave de referencia para tipo de pavimento

TIPO DE PAVIMENTO	LETRA DE CLAVE
Pavimento rígido	R
Pavimento flexible	F
<i>Nota: Si la construcción es compuesta o no se ajusta a las normas, inclúyase una nota al respecto</i>	

Fuente: Diseño y Operación de Aeródromos, p. 2/4.

b) Categoría de resistencia de su suelo de fundación

Las muestras de las TRES (3) calicatas hechas en el suelo de fundación de la pista de aterrizaje en los Tramos Km 0+900, Km 1+500 y Km 1+800 del aeródromo de la Base Naval en el distrito de Marcona Nazca, arrojando en el ensayo hecho en la Laboratorio de Suelos, un CBR mayor a 20%, le corresponde la Clave de Letra “A”, como está establecido en la siguiente Tabla del Manual del Anexo 14 – OACI:

Tabla 34: Clave de referencia para la Categoría de resistencia del suelo

RESISTENCIA	K MN/m ³ Pavimentos Rígidos	K MN/m ³ Pavimentos Flexibles	CBR %	CBR en todos sus valores %	Letra de Clave
ALTA	150	>120	15	>13	A
MEDIANA	80	60 y 120	10	8 y 13	B
BAJA	40	25 y 60	6	4 y 8	C
ULTRA BAJA	20	<25	3	<4	D

Fuente: Diseño y Operación de Aeródromos, p. 2/5.

c) Valor de presión máx permisible en los neumáticos

Tabla 35: Clave para la Categoría de Presión Máxima permisible de los neumáticos

Categoría	Presión Máxima	Letra de Clave
ALTA	Sin límite	W
MEDIANA	1,50	X
BAJA	1,00	Y
MUY BAJA	0,50	Z

Fuente: Diseño y Operación de Aeródromos, p. 2/5.

d) Método de evaluación

Tabla 36: Clave para el Método de Evaluación

Método	Evaluación	Letra de Clave
Evaluación técnica	Consiste en un estudio específico de las características de los pavimentos y en la aplicación de tecnología del comportamiento de los pavimentos	T
Experiencia en la utilización de aeronaves	Comprende el conocimiento del tipo y masa específicos de las aeronaves que los pavimentos resisten satisfactoriamente en condiciones normales de empleo.	U

Fuente: Diseño y Operación de Aeródromos, p. 2/5.

e) Ejemplo de notificación de resistencia ACN-PCN

Mencionaremos a manera de ejemplo, una muestra de cómo se debe de notificar la obtención de datos sobre la resistencia de pavimentos, según el método: ACN-PCN.

Ejemplo: Después de una evaluación técnica, una resistencia de un pavimento rígido determinado, se encuentra colocado sobre un suelo de fundación de una resistencia mediana de 80PCN, y no se le otorga un límite de presión en los neumáticos. Notifique su resistencia en el método ACN-PCN.

Respuesta: Tendremos un módulo de reacción “k” de 80Mpa, lo cual nos asigna un **PCN 80**, para un pavimento rígido le corresponde la letra “**R**”, para una resistencia mediana la clave “**B**”, para un inflado de neumático sin límites de presión, se le asigna la clave “**W**”, y finalmente como el método de evaluación

especifica que ha sido de manera técnica, le asignamos una letra “T”. Finalmente, la Notificación de su resistencia en el método ACN-PCN, será:

PCN 80 / R / B / W / T

Ejemplo de Notificación de Resistencia de Pavimento
Fuente: Diseño y Operación de Aeródromos, p. 2/5.

f) Notificación para la DPI, en la Base Naval Marcona

Para el suelo de fundación en condiciones normales, sin compactado, de la Base Naval de Marcona, que tiene TRES (3) calicatas de estudio, y por los ensayos que se le ha realizado y por referencia de las **Tablas 17, 18 y 35**, le corresponde un rango de módulo de reacción “k” de 150 a 400 PSI/in (40.7 a 108.6 Mpa/m), se está tomando un valor intermedio para efectos de diseño, esto resulta en la siguiente notificación de resistencia:

PCN 90 / R / A / W / T

Notificación de Resistencia del Diseño del Pavimento Propuesto
Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Tipos de Suelos de Sub-rasante y Valores Aproximados de k

Tipo de Suelo	Soporte	Rango de Valores de k MPa/m(pci)
Suelos de granos finos en los que predominan las partículas del tamaño de limos y arcillas	Bajo	20 - 34 (75 – 120)
Arenas y mezclas de arenas-gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	35 - 49 (130 – 170)
Arenas y mezclas de arenas-gravas, relativamente libres de finos plásticos	Alto	50 - 60 (180 – 220))

Fuente: Norma CE.010 SENCICO, 2010, p.56

3.1.19. Dimensiones finales de diseño del Pavimento Rígido

Las dimensiones de cada losa de concreto armado que estamos asumiendo serán de 5,30m por 4,50m en razón de su espesor (0.20m) y la tabla que a continuación se muestra:

Tabla 38: Dimensiones recomendables y máximas de las losas de un pavimento

Espesor	Distancia recomendable	Distancia máxima
14 cm	3,50 m	4,00 m
16 cm	3,75 m	4,50 m
18 cm	4,00 m	5,00 m
20 cm	4,25 m	5,50 m
22 cm	4,50 m	6,00 m
24 cm	4,75 m	6,50 m

Fuente: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, p.2

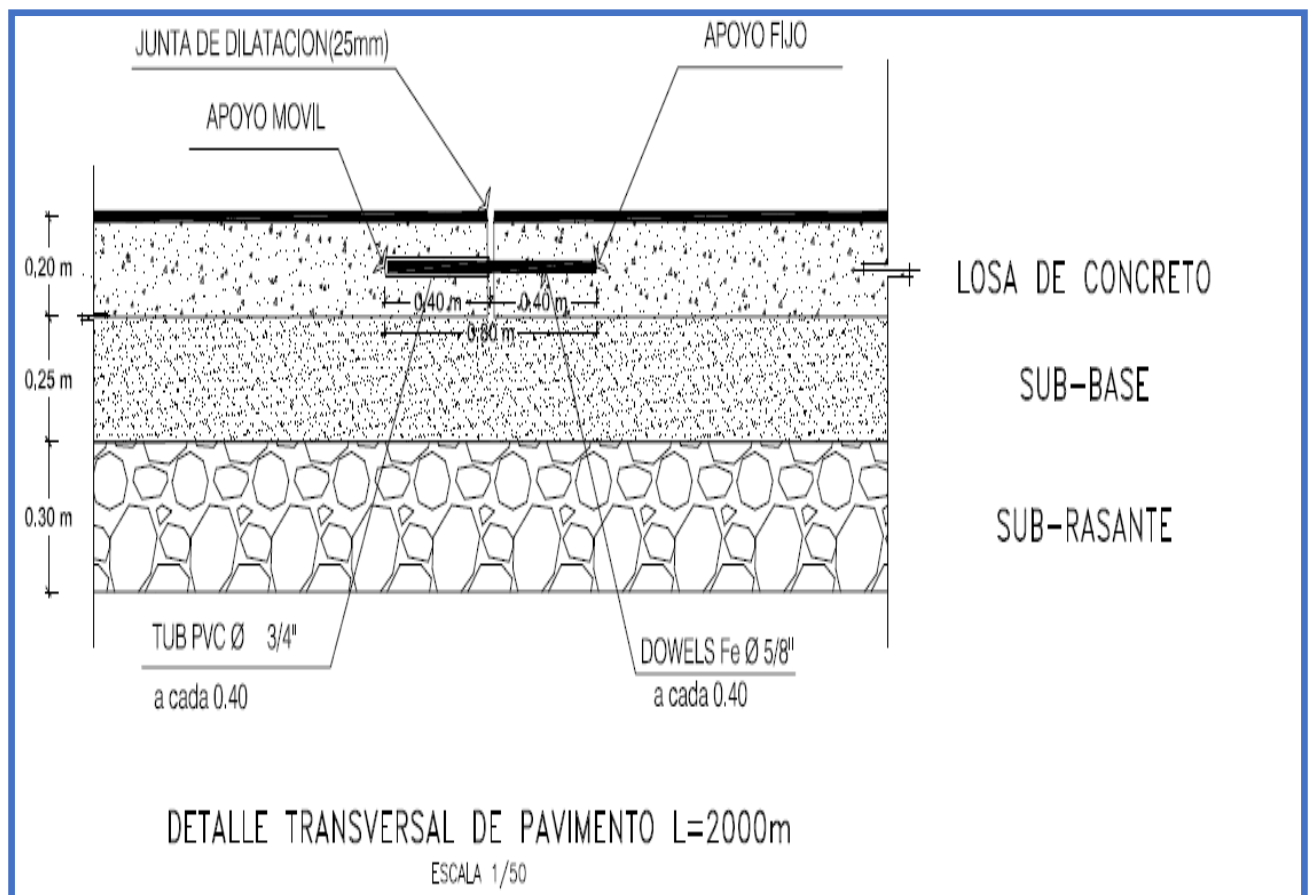


Figura 59: Detalle Transversal del Pavimento

Fuente: Elaboración propia

3.1.20. Cálculo de la cantidad de losas requeridas

Para cubrir las dimensiones total de la pista de aterrizaje, se requerirá hacer TRES MIL SETECIENTOS SETENTA (3760) losas de concreto armado, de 5.30m x 4.50m x 0.20m, de acuerdo a lo detallado en la Tabla 37, las mismas que serán distribuidas DIEZ (10) unidades de ancho y TRESCIENTOS SETENTA y SEIS (376) losas a los largo del eje longitudinal.

Tabla 39: Cálculo de cantidad de losas requeridas

	REQUERIMIENTO GENERAL (m)	DIMENSIONES DE CADA LOSA (m)	ESPACIO DE LAS JUNTAS PARCIAL (m) (Máx 0,02m)	DIMENSIÓN PARCIAL LOSAS (m)	DIMENSIÓN TOTAL (m)	CANTIDAD LOSAS (ea)
ANCHO	45,00	4,50	0,18	45,00	45,18	10,00
LONGITUD	2000,00	5,30	7,50	1992,80	2000,30	376,00

Fuente: Elaboración propia

3.1.21. Establecimiento del mallado

El mallado será de igual número que las losas de concreto, TRES MIL SETECIENTOS SETENTA (3760) unidades o mallas, con varillas de 3/8, electrosoldado, con separación longitudinal y transversal a 0.20m, y colocada a 0.05m (e/4) de la superficie del pavimento rígido, y serán hechas a pedido, con las medidas por solicitud al fabricante, para evitar desperdicios de material. Las mallas de ingeniería difieren de las que son hechas manualmente y tienen diversas aplicaciones, entre las cuales podemos apreciar en la siguiente figura:

MALLA DE INGENIERÍA		
APLICACIONES		
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema PCERC (Pavimentos de Concreto Estructuralmente Reforzados Continuos). • Carreteras. • Puentes. • Canales. • Túneles. • Centros de convenciones. • Centros comerciales. • Estadios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Edificios. • Distribuidores viales. • Aeropuertos. • Instalaciones de Pémex. • Instalaciones de CFE. • Plantas Industriales. • Minería. • Estacionamientos. • Autodromos. • Hospitales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoteles. • Parques recreativos. • Parques industriales. • Sector automotriz. • Sector aeroespacial. • Fabricación de traves. • Muros. • Losas.

Figura 60: Aplicaciones de la Malla de ingeniería

Fuente: Recuperado de:

<https://deacero.com/ecd/CursosPDF/Construccion/Malla%20de%20Ingenieria.pdf>

Según el Instituto Boliviano del Cemento y Hormigón (2012, p.32). El colocado de la malla de ingeniería debe ejecutarse de la siguiente manera: “En losas de dimensiones irregulares y diferentes a los patrones normalmente adoptados, se deberá colocar una malla electro soldada cuyo tipo será definido en el proyecto. Esta malla debe ser colocada a 5 cm de la superficie del pavimento y máximo hasta media altura del espesor de la losa, debiendo distar 5 cm de cualquier borde de la losa”.

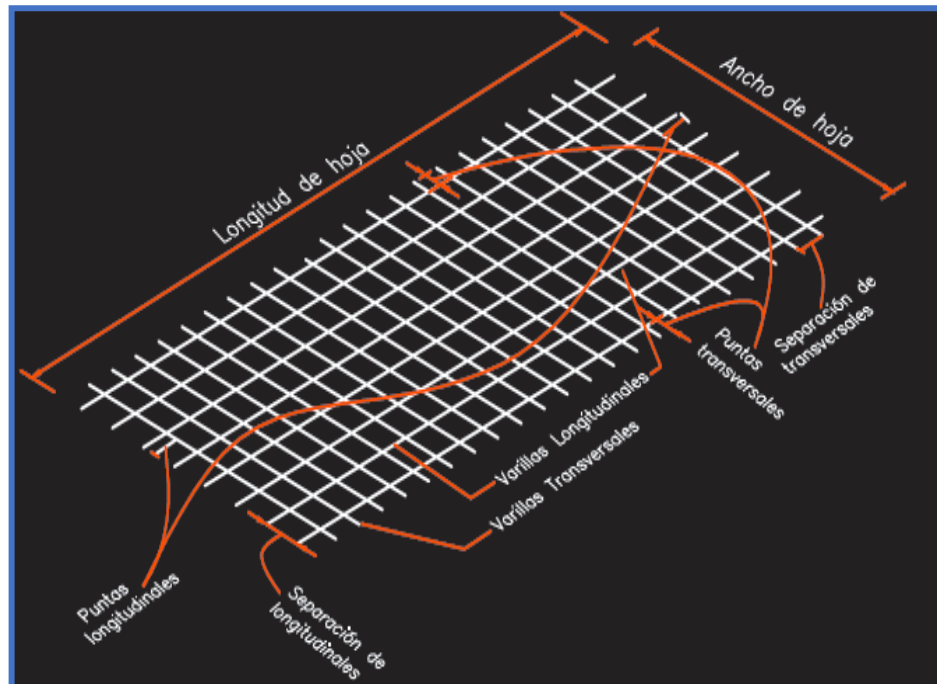


Figura 61: Malla de ingeniería, electrosoldada a pedido del usuario

Fuente: Recuperado de:

<https://deacero.com/ecd/CursosPDF/Construccion/Malla%20de%20Ingenieria.pdf>



Figura 62: Otras aplicaciones del mallado de ingeniería – Aeropuerto, ciudad de México.

Fuente: Recuperado de:

<https://deacero.com/ecd/CursosPDF/Construccion/Malla%20de%20Ingenieria.pdf>

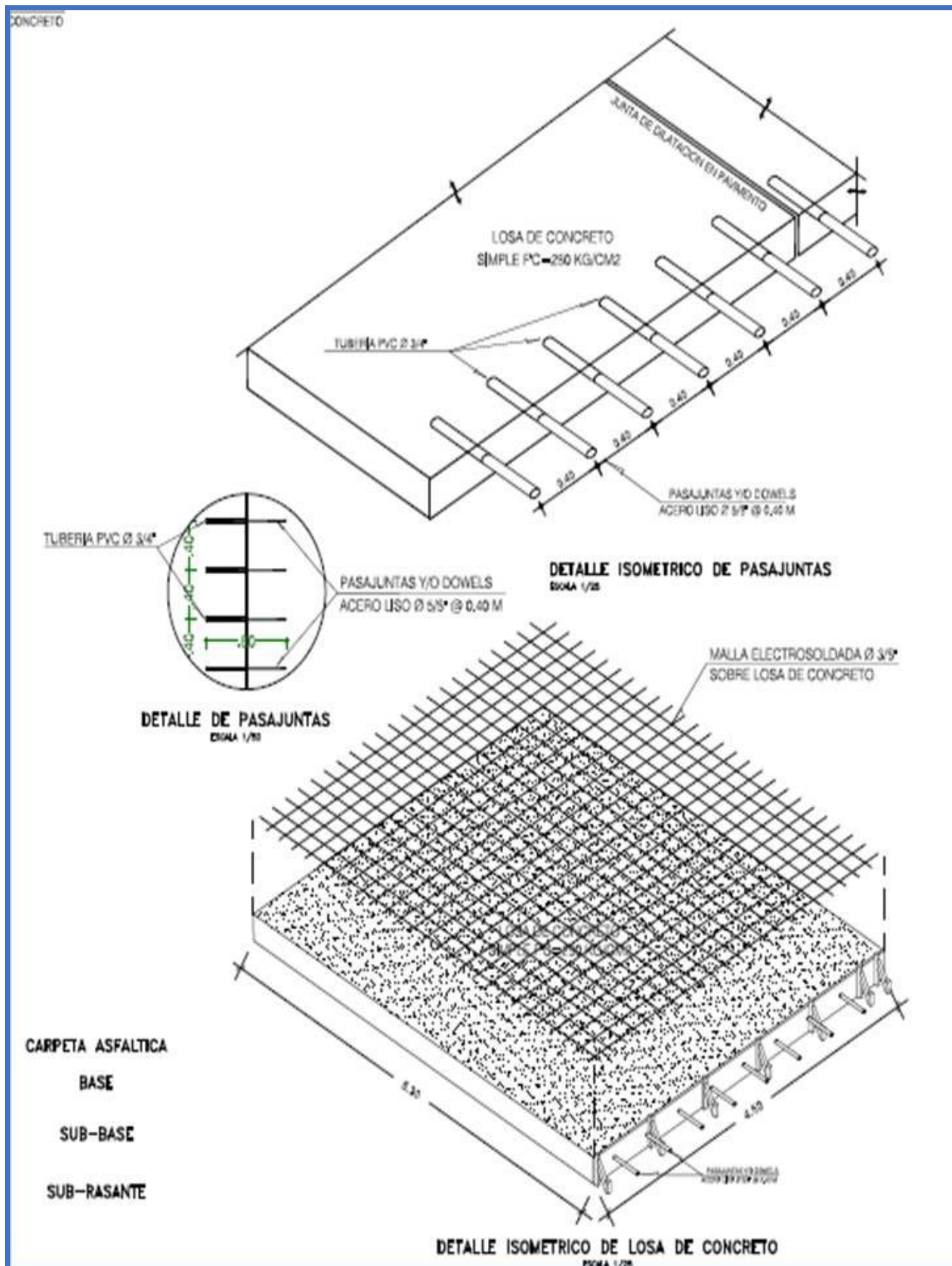


Figura 63: Ubicación de la malla en cada losa

Fuente: Elaboración propia

3.1.22. Establecimiento del Sistema Dowel

Este sistema será colocado en cada una de las losas de concreto, en total son TRES MIL SETECIENTOS SETENTA (3760) unidades o canastillas, de 4.0m longitud e instaladas en forma perpendicular al eje

longitudinal de la pista de aterrizaje. El Dowel viene a ser un elemento pre-fabricado que consiste de una canastilla que va armada y electrosoldada, con los pasadores soldados por un lado únicamente, lo que garantizará que la canastilla sea ubicado a la mitad de su altura de la losa, en este caso, 0.10m.



Figura 64: Ubicación de la canastilla Dowel

Fuente: Khazanovich, Lev, 2011, p.37

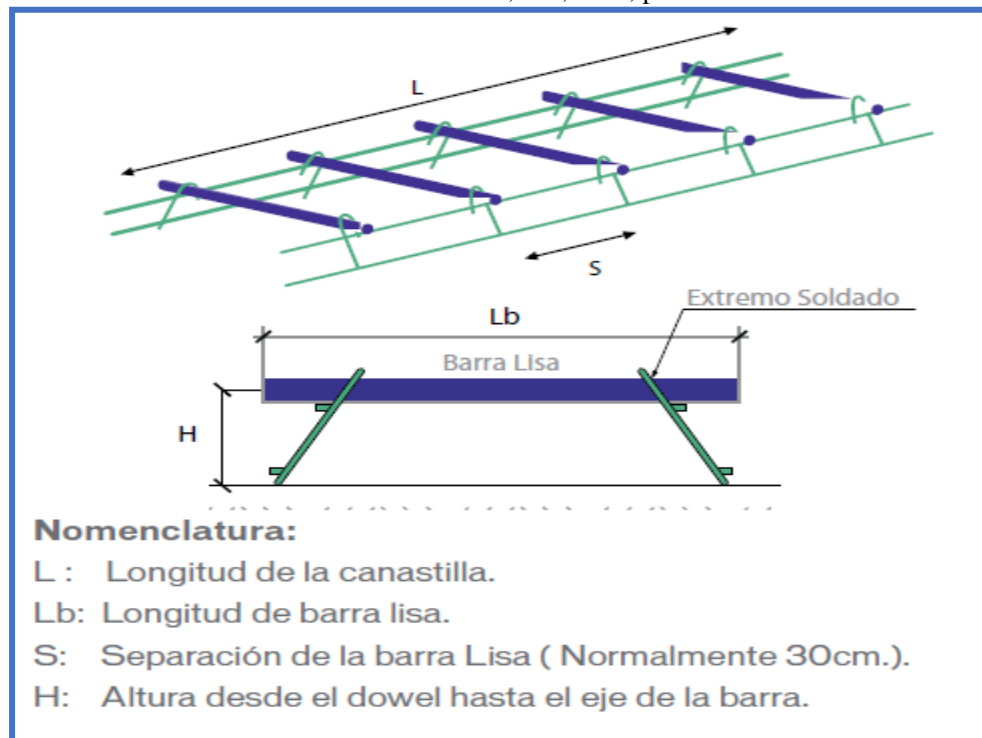


Figura 65: Esquema de aplicación

Fuente: Boletín PRODAC, p.1

Los pasadores, serán de unas barras aceradas con una superficie lisa (con diámetro de 1/8 aproximado, del espesor de la losa donde va a trabajar). El empleo de estos pasadores disminuyen deflexiones y esfuerzos del concreto, de esta manera estará reduciendo el bombeo, escalonamiento, y fallas de esquina que puedan originarse.

Tabla 40: Diámetros y Longitudes recomendados en pasadores

RANGO DE ESPESOR DE LOSA (MM)	DIÁMETRO		LONGITUD DEL PASADOR O DOWELS (MM)	SEPARACIÓN ENTRE PASADORES (MM)
	MM	PULGADA		
150 - 200	25	1"	410	300
200 - 300	32	1 ¼"	460	300
300 - 430	38	1 ½"	510	380

Fuente: MTC-2013, p.285

Los Dowels tienen características de ser sólidos y firmes, lo que les favorecen a resistir la fuerza del vaciado de hormigón, nos da una disminución de tiempo y dinero, estas canastilla como lo viene a ser detallado en la figura 64, son los elementos que han sido prefabricados, y listos para ser colocados en la obra, de esta manera se eliminan las actividades tanto de corte y doblado, como la soldadura, a la vez que nos minimizan mano de obra, estas canastillas son muy sencillas de colocar en la obra, elevan la vida útil de los pavimentos rígidos, e incrementan de manera mecánica, las transferencia de cargas aportadas por la trabazón de sus agregados.

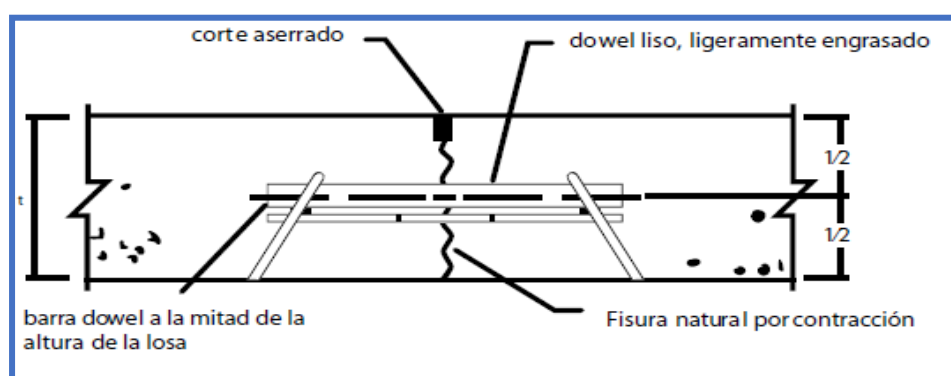


Figura 66: Esquema de aplicación

Fuente: Boletín PRODAC, p.1

No olvidar que es muy imprescindible para los pavimentos que contengan un alto Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes, mayores a CUATRO (4) millones en su periodo para lo cual fue diseñado.

Las canastillas tipo dovelas son de alguna manera, las más adecuadas para solucionar la transferencia de cargas en las losas que van apoyadas sobre el terreno, ejemplo: Pavimentos urbanos, Pisos industriales. Carreteras, o como en nuestro caso, Pistas de aterrizajes. Este sistema, evita las roturas de los bordes de juntas en pavimentos rígidos, debido al flujo de cargas, y nos garantizan una posición de las barras, más precisa, como la resistencia que se da en el vaciado del hormigón.



Figura 67: Moldeo Dowels en los Pavimentos de Concreto

Fuente: IX Seminario ALAPCA de Pavimentos Aeroportuarios/ VII Taller FAA/ II Curso Rápido de Pavimentos de Aeródromos, 2012, p.27

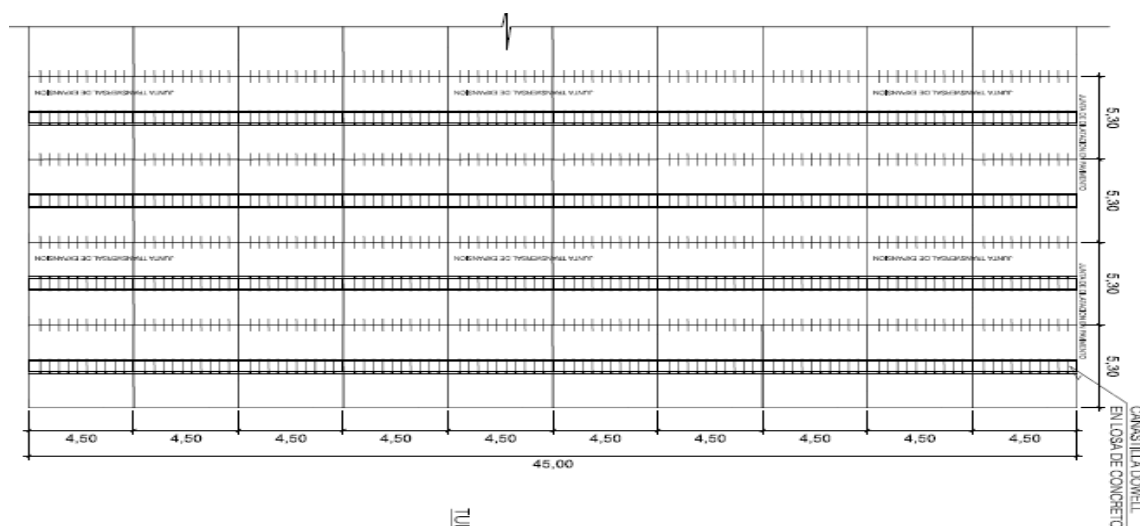


Figura 68: Ubicación de las canastillas Dowels en los ejes Transversales

Fuente: Elaboración Propia

3.1.23. Establecimiento de las juntas

Las juntas tienen un factor muy importante en los pavimentos rígidos y son realizados con la finalidad de controlar los esfuerzos que ya se presentan en la estructura del concreto a consecuencia de los

movimientos de dilataciones del material, contracciones y a las variaciones de humedad y temperatura.

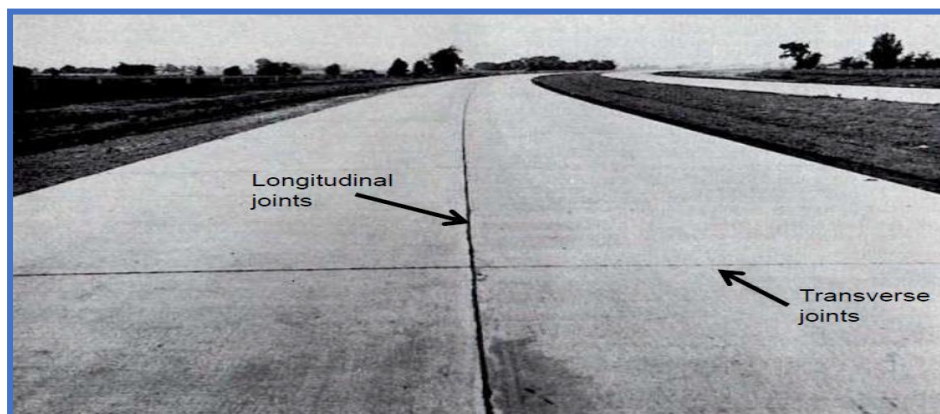


Figura 69: Identificación de Juntas Longitudinales y Transversales

Fuente: Dowel and Tie Bars in Concrete Pavement Joints: Theory and Practice, p.3

Las juntas, que tienen que ejecutarse en el hormigón, forman parte de un sistema propiamente estructural en los pavimentos rígidos, ya que las características técnicas como las dimensiones, barras, espaciamientos, tipos, sellos, entre otras, son factores importantes que se deben de considerar en relación a la durabilidad del pavimento y las tensiones de la losa, por lo tanto condicionan de manera importante en el diseño y su comportamiento en operación. De la misma manera se tiene Juntas Longitudinales, y Transversales (dilatación, contracción, y construcción).

3.1.23.1. Establecimiento de las Juntas Longitudinales

Las Juntas Longitudinales ya sea de construcción o de contracción, controlan al agrietamiento longitudinal, serán espaciadas en intervalos de 2,4 a 3,7m., en ningún caso deberá ser mayor de 4,0m. La profundidad de estas juntas deberá ser de 0.02m a 0.03m, de un ancho de 0.005m a 0.01m, y las barras de atado serán de acero corrugado, de 12 mm de diámetro y 80 mm de longitud e irán a separados a cada 1.0m, no superando 1.2m bajo ninguna circunstancia, tal como lo especifica el Manual de Diseño de Pavimentos Rígidos, Sección 15, p.8.

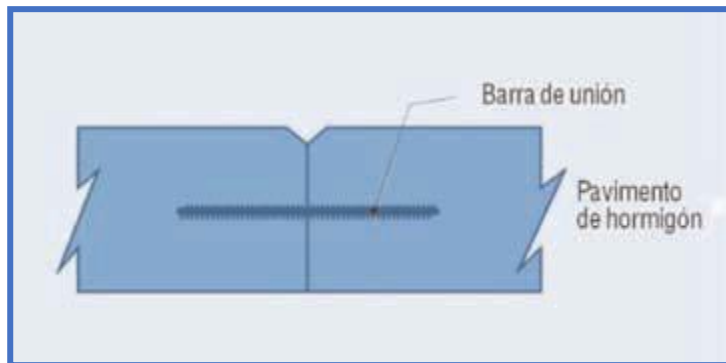


Figura 70: Detalle de la Junta Longitudinal
Fuente: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, p.9

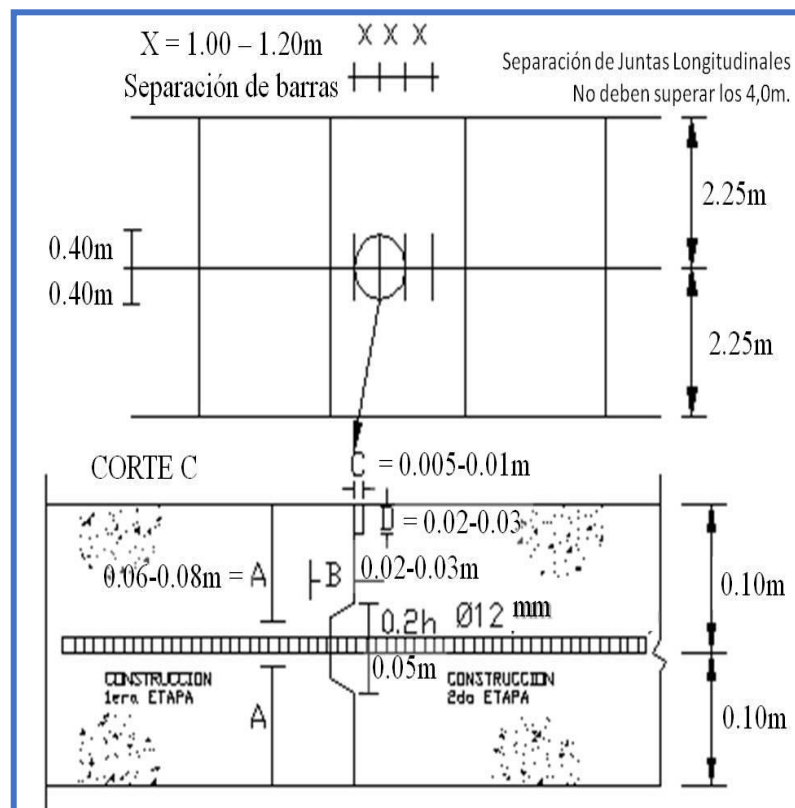


Figura 71: Planta esquemática de las Juntas Longitudinales
Fuente: Elaboración propia.

3.1.23.2. Establecimiento de la separación de Juntas Transversales

Serán de acuerdo a la siguiente tabla, y no excederán en ningún caso (dilatación, contracción, o construcción) la separación de 4.60m, entre juntas. Para el tamaño de la barra de transferencia de carga y el espaciamiento de las mismas, AASHTO propone 25mm (e/8) de diámetro, un espaciamiento entre barras de 0,30m y 0,40m de largo de cada barra de superficie lisa.

Tabla 41: Espaciamiento de Juntas Recomendado

Espesor de Pavimento mm (in.)	Espaciamiento de Juntas* m
125 (5)	3,00 – 3,80
150 (6)	3,70 – 4,60
175 (7)	4,30 – 4,60
200 (8) o más	4,60

* Puede variar si la experiencia local así lo indica; depende del clima y de las propiedades del concreto.

Fuente: Norma CE.010 SENCICO, 2010, p.64.

3.1.23.3. Establecimiento de las Juntas Transversales de dilatación

Estarán ubicadas y dimensionadas para controlar las expansiones que se dan debido a la causal gradiente térmico. Para esto, se interpondrá un material que sea compresible como madera, poliestireno expandido, láminas de poliuretano, etc., ubicadas entre las losas de concreto en contacto, o entre losa y los elementos rígidos que podría colocarse en la pista de aterrizaje, como algún pozo de registro, arquetas, etc. Ver detalle en la figura 67. (Norma CE.010 SENCICO, 2010, p.64).



Figura 72: Disposición de juntas de dilatación y de contracción en pozos de registro
Fuente: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, p.4

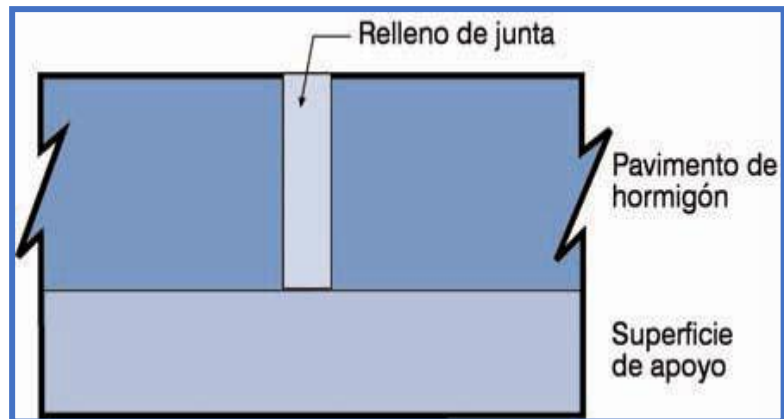


Figura 73: Detalle de la Junta Transversal de Dilatación
Fuente: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, p.7

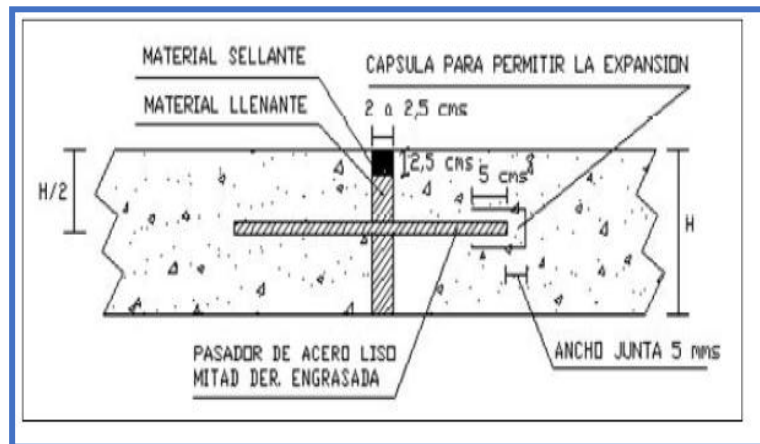


Figura 74: Detalle de la Junta Transversal de Dilatación
Fuente: Diseño de Pavimentos Rígidos, Sección 15, p.9.

3.1.23.4. Establecimiento de las Juntas Transversales de contracción

Son usados en el control de agrietamiento transversal, aliviar esfuerzos que se dan, cuando se contrae la losa y los esfuerzos torsionantes y de alabeo que son causados por las altas diferencias de temperatura y de la humedad dentro de la losa de concreto. Serán contruidos formándose con el mismo concreto aserrándolas instantes después de que el concreto se haya fraguado o también en estado fresco. Se debe asegurar un correcto alineamiento de la junta y su profundidad será en este caso, de 0.05m ($e/4$), y serán separadas a un máximo de 4,60m En cualquiera de los casos ya mencionados. (Norma CE.010 SENCICO, 2010, p.64).

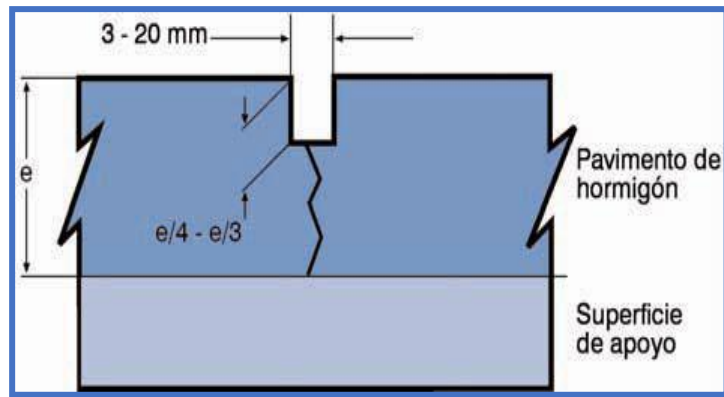


Figura 75: Detalle de la Junta Transversal de Dilatación
Fuente: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, p.7

3.1.23.5. Establecimiento de las Juntas Transversales de construcción

Se harán entre concretos de diferentes edades, a 0.066m ($e/3$) de profundidad y 0.006 – 0.008m de ancho. El Profesional Responsable, dará detalles del procedimiento a seguir para una mejor transferencia de la carga sobre el pavimento. Serán solo necesarias al final de cada jornada de trabajo y que tenga necesarias las paradas prolongadas (por ejemplo, más de 1 hora) de la puesta en obra. Y siempre que sea posible se deberá hacerse coincidir esta junta con una junta de contracción. Deberá de ejecutarse de manera perpendicular a la superficie del pavimento. (Norma CE.010 SENCICO, 2010, p.64).

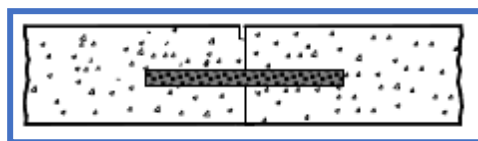


Figura 76: Junta Transversal de Construcción con barra
Fuente: Ing Calo, Diego, 2014 , p.6.

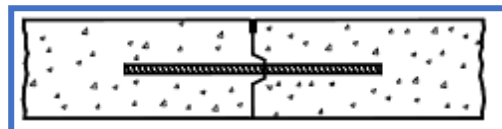


Figura 77: Junta Longitudinal de Construcción con barra
Fuente: Ing Calo, Diego, 2014 , p.6.

Según la Norma CE.010 SENCICO, (2010, p.55), y “debido a que tiene mayores espaciamientos que los pavimentos de concreto simple, los pavimentos de concreto reforzado siempre requieren dowels de acero en las juntas

de control para proporcionar una adecuada transferencia de carga. Los pavimentos pueden diseñarse con o sin bermas o sardineles y cunetas de concreto”.

3.1.23.6. Recomendaciones en el Sellado de las juntas

El sellado de las juntas, minimizan una infiltración del agua a la propia estructura en el pavimento, y evitan la intrusión de cualquier material incompresible, dentro de cada junta y que puedan causar descascaramientos (ruptura de éstas).

El sello que se elija deberá ser de un material de preferencia elástico de poliuretano, resistente a los carburantes y de bajo módulo elástico que ayude a superar los requerimientos contenidos por la norma ASTM C-920 (Especificaciones para sellos elastoméricos de juntas).

El material de sello escogido se hará de acuerdo a los movimientos a los cuales será sometida la junta (dilatación y contracción), es decir, considerando el ancho máximo y mínimo de la junta.

El factor de su forma deberá ser de 1:1 para anchos de juntas <1cm. Para anchos superiores de la junta, el factor de forma deberá ser de 2:1 (ancho: profundidad).

Por razones de minimizar los costos, puede utilizarse sellos asfálticos, para el sellado de las juntas, lo cual tienen la finalidad de cubrir las juntas, pero ya sabemos que por las características propias de ser un material propiamente plástico, no podrá cumplir con los requisitos de durabilidad y de funcionalidad, y tienen una vida útil menor a DOS (2) años, tiempo el cual, es fácil observar, en la mayoría de

casos, después de cumplir el tiempo indicado, se cristalice el sello, dando paso a que el agua pueda ir a través de las juntas, y de esta manera estará lavando los finos de la base, y posteriormente al uso de la estructura causan fractura en los paños, y de esta forma ocasionan alteraciones o interrupciones en la vida útil del pavimento.

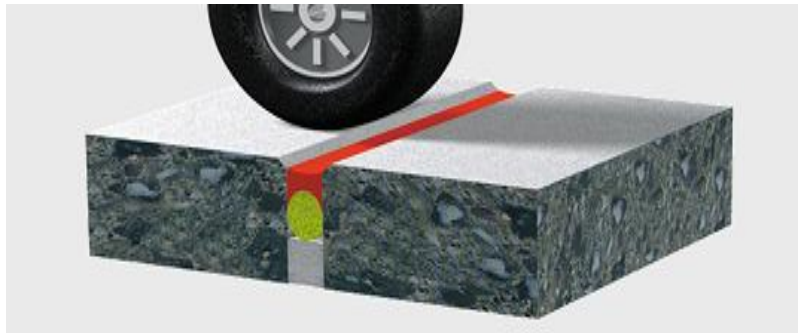


Figura 78: Detalle general de un sellado de juntas.

Recuperado de: https://per.sika.com/es/soluciones-y-productos/publicaciones/articulos-tecnicos/Tips_sellado_y_pegado11.html

La tecnología de hoy en día, en el sello de juntas, recurre al uso propio de materiales elásticos, más conocidos en el mercado como poliuretanos, éstos nos ofrecen una durabilidad con un promedio de 5 hasta 15 años, de acuerdo al tipo, tienen un costo superior a los productos que tienen procedencia asfáltica pero su costo y beneficio es compensado con la alta calidad y la durabilidad que se da en el sello de la vía.

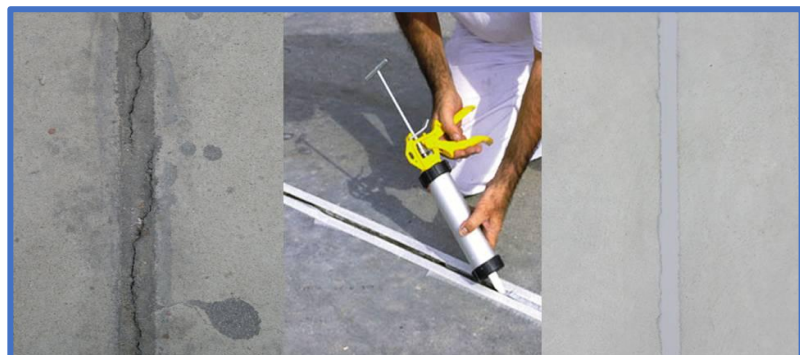


Figura 79: Vida útil de una junta asfáltica (2años) y elástica (5-15años)

Recuperado de: https://per.sika.com/es/soluciones-y-productos/publicaciones/articulos-tecnicos/Tips_sellado_y_pegado11.html

Para efectos del sellado de arena estará armado por arena fina y que se colocará como llenante en la junta que van separadas entre las losas; sirve como un sello de las mismas y también contribuyen al buen funcionamiento, de los elementos en la capa de la rodadura y su granulometría deberá cumplir especificaciones detalladas en la siguiente tabla:

Tabla 42: Granulometría de la Arena de Sello - ASTM C144

MALLA	% PASA
4,75 mm (N° 4)	100
2,36 mm (N° 8)	95 – 100
1,18 mm (N° 16)	70 – 100
600 μ m (N° 30)	40 – 75
300 μ m (N° 50)	20 – 40
150 μ m (N° 100)	10 – 25
75 μ m (N° 200)	00 – 10

Fuente: Norma CE.010 SENCICO, 2010, p.22.

Todo material de sellado, deberán cumplir las características:

- Impermeabilidad.
- Deformabilidad.
- Resiliencia.
- Adherencia.
- Resistencia.
- Estabilidad.
- Durabilidad.

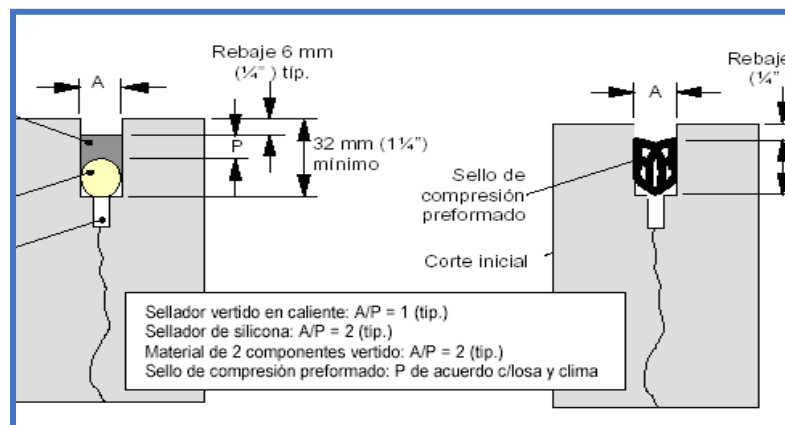


Figura 80: Tipos de sellado como alternativa

Fuente: Obtenida del artículo “Design and construction of joint for concrete highways”, publicado por la ACPA.

Finalmente, el sellado tiene que darse momentos previos de la entrega de la obra y una previa limpieza de juntas, con la única finalidad de asegurar la vida útil del sellador a largo plazo. Se debe cumplir las siguientes recomendaciones:

- a) Se deben limpiar las juntas de manera integral con arenado, cepillo metálico, agua a presión o alguna mezcla de estas herramientas y después con aire a presión, para limpiar restos de lechada del cemento, compuestos de curado y otros materiales que sean extraños, inmediatamente antes de sellar,
- b) Es importante mencionar, que una limpieza de las juntas solo se considera sobre las caras donde se adherirán el sellador.
- c) Colocar el cordón de respaldo antes de colocar el sellante, como se muestra en la siguiente figura:



Figura 81: Instalación típica del cordón de respaldo.
Fuente: Ing Calo, Diego, 2014, p.65.

- d) Tomar en cuenta la siguiente observación para cumplir con Factor de Forma, como se detalla de la siguiente figura:

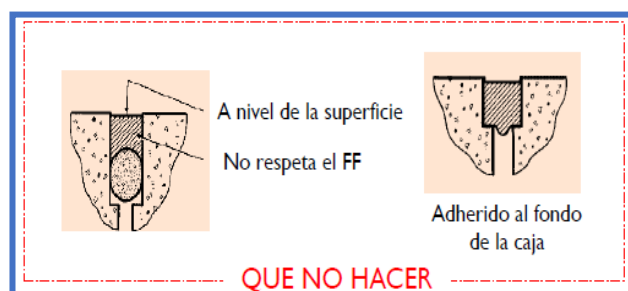


Figura 82: Lo que no se debe hacer en el sellado de Juntas
Fuente: Ing Calo, Diego, 2014, p.14.

3.1.23.7. Texturizado y curado del pavimento rígido

Al respecto Okamoto, Paul et al (2003), en su libro “Mejores prácticas para la construcción de pavimentos de concreto de cemento Pórtland (Pavimento rígido para aeropuertos)”, mencionan que: “Los pavimentos de concreto deben tener una textura superficial que proporcionará el nivel deseado de resistencia al deslizamiento. Las funciones principales de la textura superficial consisten en proporcionar: Vías de escape para el agua debajo de los neumáticos de las aeronaves; Un grado de aspereza a la superficie, necesaria para que los neumáticos rompan la película residual luego de que escurra el agua masiva; El texturizado del concreto es la técnica empleada con más frecuencia para dotar al pavimento de una superficie altamente resistente al deslizamiento. Sin embargo, no impedirá el hidroplaneo. El texturizado se aplica mientras el concreto aún se encuentra en estado plástico. El texturizado se debe aplicar en el momento en el que el agua superficial ha desaparecido (brillo de la superficie de la losa). Si se aplica antes las hendiduras pueden llegar a ser más profundas de lo permitido, deben estar en 0.5 y 1 mm, no más, siendo continuo y de manera tal que no se formen “rebarbas” superficiales. El cepillo debe limpiarse de restos de hormigón luego de cada pasada. Inmediatamente después se aplica la membrana de curado cubriendo toda la superficie de la losa incluido los bordes laterales”.



Figura 83: Texturizado y curado del pavimento rígido
Fuente: IBCH, 2013, p.75.

3.2. Resultados de los Ensayos de Resistencia a la Compresión de Concreto

Los resultados logrados en los diferentes ensayos hechos en el laboratorio TECNILAB para el cual se efectuó el pago, como se detalla en el anexo 1 y que serán interpretados a continuación, por edades de curado, de las probetas de concreto, fueron sometidos al ensayo por resistencia a la compresión del concreto, las mismas que fueron diseñados para un $f'c = 280\text{kg/cm}^2$, las mismas que se adjuntan por anexo 2.

Tabla 43: Ensayos de resistencia del concreto, mínimo requeridos

ENSAYO	NORMA	FRECUENCIA	LUGAR
Ensayo para determinar la resistencia a tracción por flexión o a la compresión	NTP 339.078:2001 NTP 339.034:1999	Una muestra por cada 450 m^2 , pero no menos de una por día	Laboratorio

Fuente: Norma CE.010 SENCICO, 2010, p.28.

3.2.1. Resultados de los Ensayos: (1) día

La fecha de moldeo para las DOCE (12) cilindros de concreto para efecto de los ensayos fueron hechas el día 23 de abril, y fueron puestos a curado en el mismo laboratorio después de ser desmoldados de su probeta. En el primer día de edad, se ha puesto a la prueba de rotura a TRES (3) probetas, que a continuación se detalla los resultados del anexo 3, como en la siguiente tabla:

Tabla 44: Datos para el ensayo ASTM C-39

Nº	Código de probeta	Identificación	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	$f'c$ (kg/cm ²)	Edad (Días)	(Slump)	Sección cm ²	RESISTENCIA Kg/cm ²
1	T-1	CONCRETO / R-1	23/04/2018	24/04/2018	280	1	6"	83	145
2	T-2	CONCRETO / R-1	23/04/2018	24/04/2018	280	1	6"	83	158
3	T-3	CONCRETO / R-1	23/04/2018	24/04/2018	280	1	6"	83	150

Resultados del Ensayo de probetas. Edad (1) día.

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.2.1.1. Interpretación de resultados: (1) día

Podemos apreciar que la resistencia a la compresión del concreto, en el primer día (Edad: 1 día), no alcanza ni el 57% de

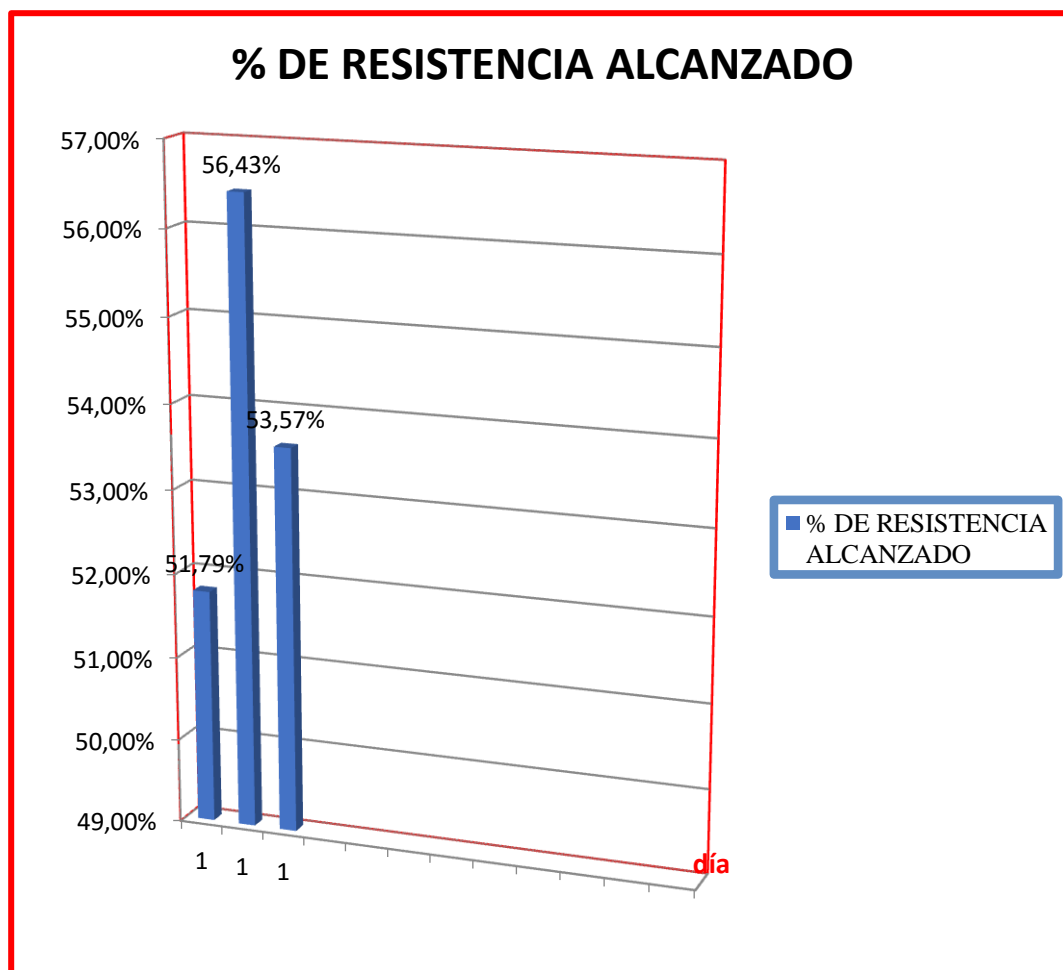
su diseño, en ninguna de las tres probetas que fueron sometidas a ensayo del modo axial a compresión, nos da una clara interpretación que origina el buen curado que deben tener todas las obras de concreto, para esta pista de aterrizaje nos ayudará mucho el de determinar mejor o alcanzar un mayor curado para alcanzar la máxima resistencia del concreto endurecido.

Tabla 45: % de Resistencia del Ensayo de probetas. Edad (1) día

Probetas N°	Fecha de rotura	Edad (días)	Dimensiones		Área de briqueta (cm ²)	Lectura del dial (kN)	Resistencia del concreto (kg-f/cm ²)	% de resistencia logrado
			Diámetro (cm)	Altura (cm)				
T1	24/04/2018	1	10,28	20,00	83,00	206,24	145	51,79%
T2	24/04/2018	1	10,31	20,00	83,48	224,73	158	56,43%
T3	24/04/2018	1	10,26	20,00	82,68	2133,6	150	53,57%

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 46: % de Resistencia alcanzado a UN (1) día.



Fuente: Elaboración: Propia

3.2.2. Resultados de los Ensayos: (3) días

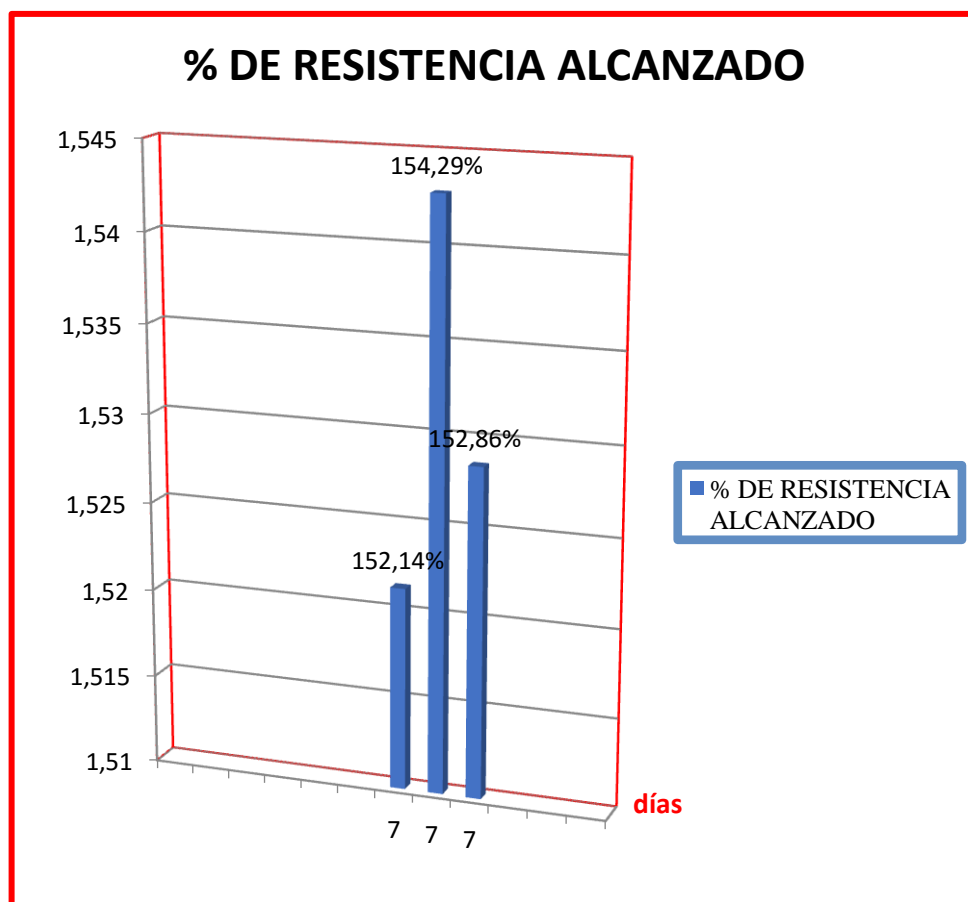
El día 26 de abril 2018, TRES (3) probetas que ya alcanzaron TRES (3) días de edad, fueron sometidas a ensayo en la prensa de concreto del mismo laboratorio, después de ser sacados de la zona de curado, tal como consta el anexo 4. A continuación se detalla los resultados en el siguiente cuadro:

Tabla 47: Resultados del Ensayo de probetas. Edad (3) días

Nº	Código de probeta	Identificación	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	f'c (kg/cm²)	Edad (Días)	(Slump)	Sección cm²	RESISTENCIA Kg/cm²
1	T-4	CONCRETO / R-3	23/04/2018	26/04/2018	280	3	6"	79	349
2	T-5	CONCRETO / R-3	23/04/2018	26/04/2018	280	3	6"	82	378
3	T-6	CONCRETO / R-3	23/04/2018	26/04/2018	280	3	6"	79	362

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 48: % de Resistencia alcanzado a TRES (3) días.



Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.1.2.1. Interpretación de resultados: (3) días

En este ensayo se puede apreciar que los especímenes no solo lograron alcanzar su diseño de la resistencia a la compresión, en el tercer día (Edad: 3 días), sino que superaron los 24% de resistencia adicional en las tres probetas que fueron sometidas a ensayo axial a compresión, podemos confirmar que al mantener bajo humedad al concreto, hace que sea más fuerte su adherencia de la pasta de concreto con los agregados, necesarios para las labores de la pista de aterrizaje, que genera un alto coeficiente de fricción a la hora de amortizar su carrera de despegue o aterrizaje.

Tabla 49: % de Resistencia del Ensayo de probetas. Edad (3) días

Probetas Nº	Fecha de rotura	Edad (días)	Dimensiones		Área de briqueta (cm ²)	Lectura del dial (kN)	Resistencia del concreto (kg-f/cm ²)	% de resistencia logrado
			Diámetro (cm)	Altura (cm)				
T4	26/04/2018	3	10,00	20,00	78,54	496,40	349	124,64%
T5	26/04/2018	3	10,22	20,00	82,03	537,64	378	135,00%
T6	26/04/2018	3	10,00	20,00	78,54	5148,8	362	129,29%

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.2.3. Resultados de los Ensayos: (7) días

TRES (3) probetas adicionales que alcanzaron SIETE (7) días de edad, fueron sometidas a ensayo en la máquina de concreto del laboratorio, después de ser sacados de la zona de curado, el día 30 de abril 2018, tal como consta el anexo 5. Se detalla los resultados en el siguiente cuadro:

Tabla 50: Resultados del Ensayo de probetas. Edad (7) días.

Nº	Código de probeta	Identificación	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	f'c (kg/cm²)	Edad (Días)	(Slump)	Sección cm²	RESISTENCIA Kg/cm²
1	T7	CONCRETO / R-7	23/04/2018	30/04/2018	280	7	6"	83	426
2	T8	CONCRETO / R-7	23/04/2018	30/04/2018	280	7	6"	82	432
3	T9	CONCRETO / R-7	23/04/2018	30/04/2018	280	7	6"	83	428

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.1.3.1. Interpretación de resultados: (7) días

En este cuadro de resultados se puede observar que los especímenes, ha elevado adicionalmente su resistencia a la compresión del concreto, en el séptimo día (Edad: 7 días), en más de 52%, en las tres probetas que fueron contenidas al ensayo axial a compresión, podemos comprobar que el concreto que a más días de curado, tendrá menos probabilidad de agrietarse, será más durable, garantizando su diseño para lo cual fue hecho.

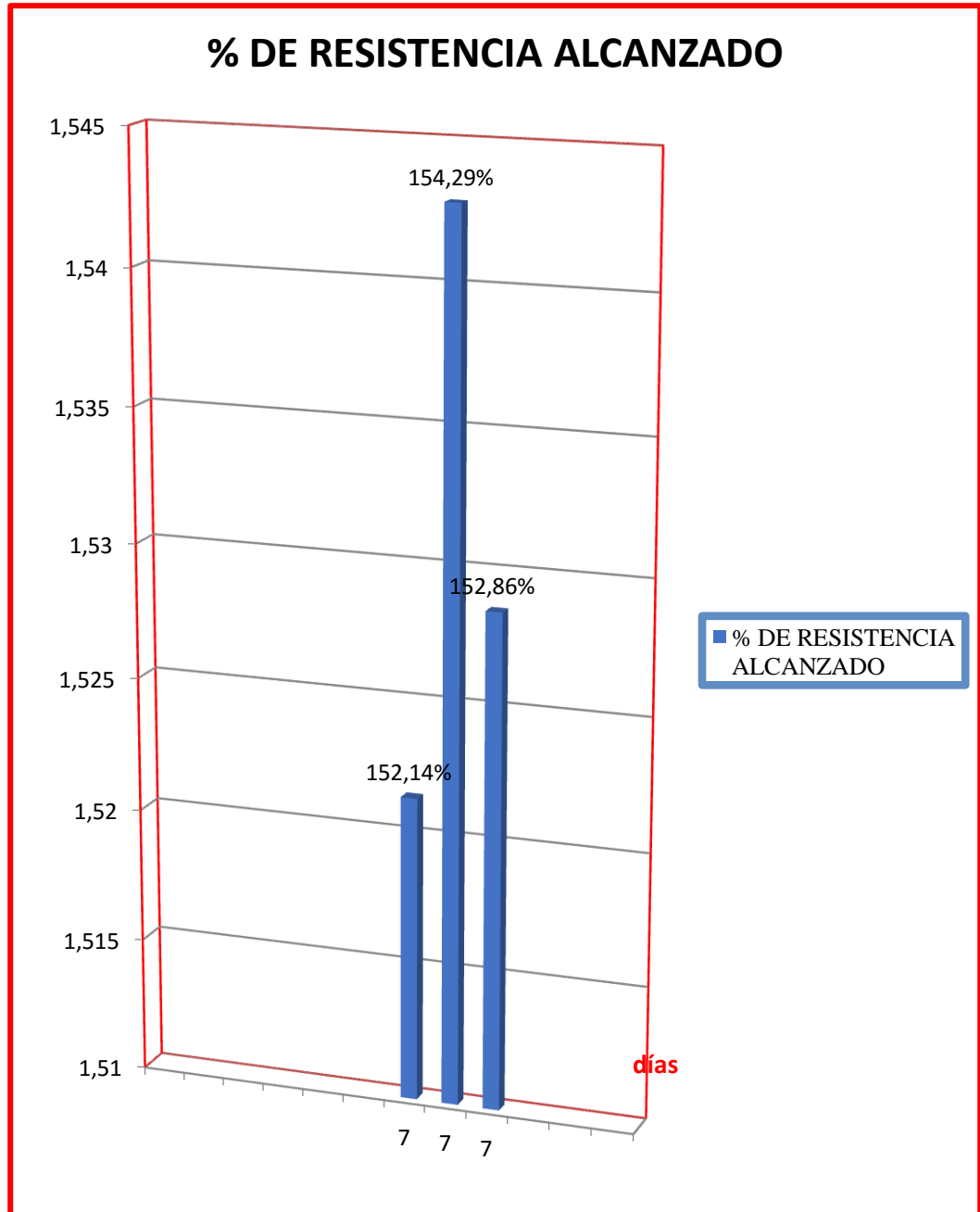
Mantener esa humedad a través de un adecuado curado no solo nos evita que el viento y el sol resequen o estropee excesivamente el concreto recién armado, también nos evita la formación de fisuras por la contracción plástica propias del vaciado, las cuales se producen por la pérdida del agua de la exudación por evaporación, lo cual nos daría como consecuencia una obra de concreto de pésima calidad.

Tabla 51: % de Resistencia del Ensayo de probetas. Edad (7) días.

Probetas N°	Fecha de rotura	Edad (días)	Dimensiones		Área de briqueta (cm ²)	Lectura del dial (kN)	Resistencia del concreto (kg-f/cm ²)	% de resistencia logrado
			Diámetro (cm)	Altura (cm)				
T7	30/04/2018	7	10,26	20,00	82,68	605,91	426	152,14%
T8	30/04/2018	7	10,21	20,00	81,87	614,45	432	154,29%
T9	30/04/2018	7	10,28	20,00	83,00	6087,6	428	152,86%

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 52: % de Resistencia alcanzado a SIETE (7) días.



Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.2.4. Resultados de los Ensayos: (28) días

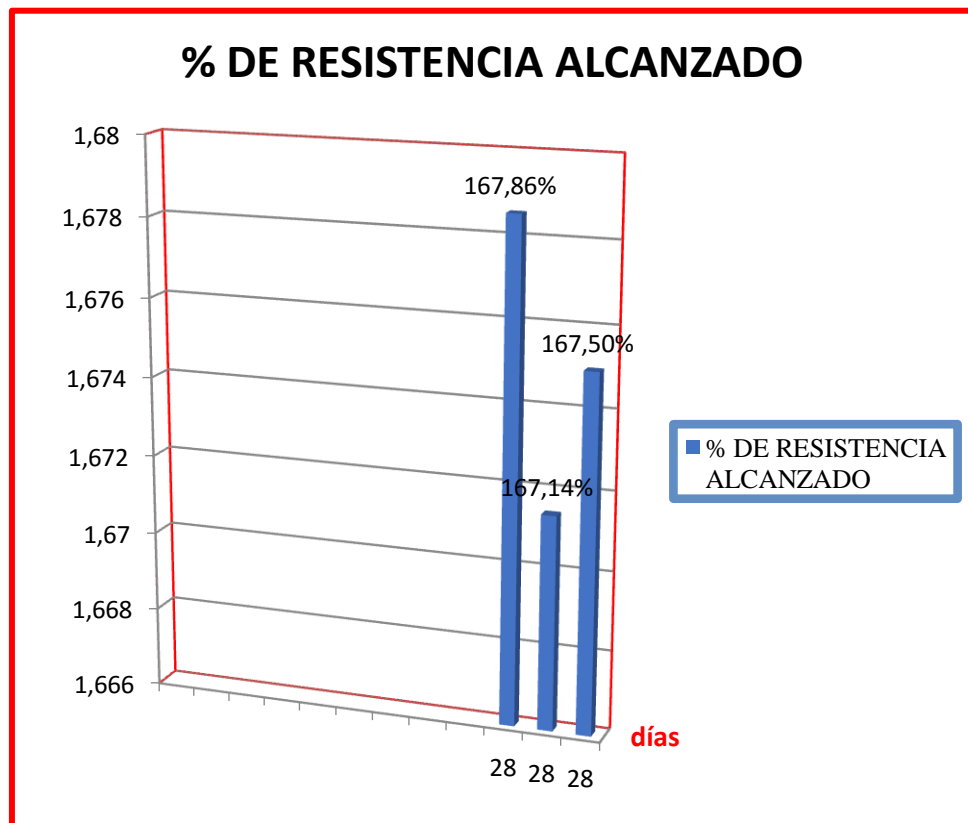
Como último procedimiento de ensayo de esta norma, el día 21 de mayo del presente año después de ser sacados de la zona de curado, fueron sometidas a ensayo en la prensa de concreto del laboratorio, los últimos TRES (3) especímenes adicionales que alcanzaron VEINTIOCHO (28) días de edad, tal como consta el anexo 6. Los resultados son detallados en el siguiente cuadro:

Tabla 53: Resultados del Ensayo de probetas. Edad (28) días

Nº	Código de probeta	Identificación	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	f'c (kg/cm²)	Edad (Días)	(Slump)	Sección cm²	RESISTENCIA Kg/cm²
1	T10	CONCRETO / R-28	23/04/2018	21/05/2018	280	28	6"	79	470
2	T11	CONCRETO / R-28	23/04/2018	21/05/2018	280	28	6"	79	468
3	T12	CONCRETO / R-28	23/04/2018	21/05/2018	280	28	6"	82	469

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 54: % de Resistencia alcanzado a 28 días.



Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.1.4.1. Interpretación de resultados: (28) días

Para estos resultados, es conveniente resaltar que se ha alcanzado la máxima edad, y se puede observar que los especímenes, ha alcanzado su resistencia adicional a la compresión del concreto en el vigésimo octavo día (Edad: 28 días), en más de 67%, en las tres probetas que fueron contenidas al ensayo axial a compresión, con respecto a su diseño, y también debemos apreciar que a pesar que tuvo más días de curado con respecto al último ensayo (especímenes con edad: 7 días), solo ha aumentado en promedio, un significativo 14.40% de resistencia.

Tabla 55: % de Resistencia del Ensayo de probetas. Edad (28) días.

Probetas Nº	Fecha de rotura	Edad (días)	Dimensiones		Área de briqueta (cm ²)	Lectura del dial (kN)	Resistencia del concreto (kg-f/cm ²)	% de resistencia logrado
			Diámetro (cm)	Altura (cm)				
T10	21/05/2018	28	10,00	20,00	78,54	668,50	470	167,86%
T11	21/05/2018	28	10,00	20,00	78,54	665,65	468	167,14%
T12	21/05/2018	28	10,21	20,00	81,87	6670,7	469	167,50%

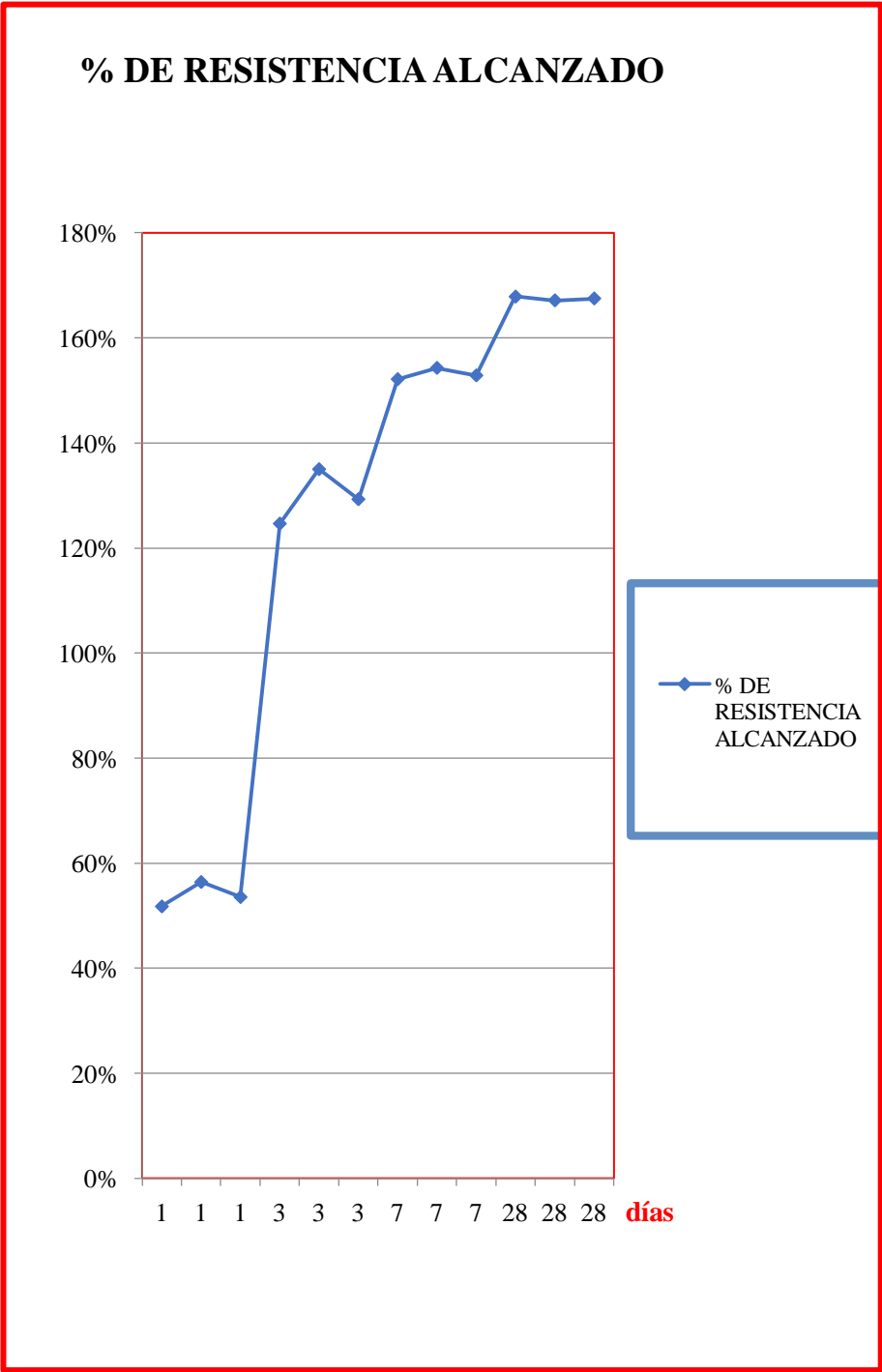
Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Podemos confirmar y constatar que una obra de concreto curado a sus días permitidos, tendrá una mejor superficie, que resistirá mucho mayor al desgaste, durará más y protegerá mejor al acero de refuerzo, en este caso el mallado del pavimento rígido y el Sistema Dowels. El concreto curado hará más resistente al concreto, soportando más carga para lo cual fue diseñado, sin romperse.

Debemos considerar que aunque hoy en día existen productos químicos que minimizan la pérdida superficial del agua, y en el caso de que no sean utilizados, requieren su uso periódico al pavimento construido para que no solo alcancen, sino superen el desempeño deseado del diseño.

Se ha podido comprobar que el objetivo final del curado ha sido cumplido, garantizando un alto contenido de humedad en la obra de concreto, desarrollando las características que lo modificarlo en un material de excelente calidad y de alta resistencia.

Tabla 56: % de Resistencia alcanzado a través de los días



Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Se ha verificado que la cantidad de agua que sido adicionado y usado en el concreto curado, una vez ya endurecido, ha alcanzado los niveles de resistencia e incluso fue superado su f_c de diseño, en más del 67%, como está detallado en el anexo 1. Este proceso adicional se debe ejecutar en forma obligatoria ya que una vez vaciado la mezcla, el concreto perderá el agua por múltiples situaciones que se presenta, como las altas temperaturas, exposición solar o debido al calor del medio ambiente donde estaría ubicado la pista de aterrizaje, tenemos conocimiento de los fuertes vientos que predominan la zona, éste incrementarían la velocidad de evaporación.

3.2. Resultados de los Ensayos de Suelos (Suelo de fundación)

El presente Desarrollo de Proyecto de Investigación tiene por objeto evaluar las características físico-mecánicas del terreno que está en materia del estudio, donde se tiene proyectado cimentar con un pavimento rígido, la pista de aterrizaje. Para lo cual se ha visto conveniente llevar las muestras de suelos al Laboratorio de Suelos - UNFV, para lo cual se hará un pago de derecho como lo viene detallado en los anexos 7, 8, y 9.

Asimismo, estimamos en base a los resultados obtenidos, la capacidad que tiene la portante del suelo de fundación, para distintas profundidades de cimentación, de manera que se pueda asegurar la cimentación que satisfaga las solicitudes de las cargas actuantes de las estructuras proyectadas, en la que se han efectuado trabajos exploratorios de campo, los correspondientes ensayos en laboratorio y trabajos de gabinete, realizados en el Laboratorio de Suelos, serán detallados a continuación, las mismas que fueron asesoradas y supervisadas por los técnicos especialistas del propio laboratorio. Las muestras fueron tomadas los días 21 y 22 de abril 2018, en las TRES (3) calicatas hechas en la pista de aterrizaje en los

Tramos Km 0+900, Km 1+500 y Km 1+800 del aeródromo de la Base Naval en el Distrito de San Juan de Marcona.

3.2.1. Resultados de los ensayos de suelo: Calicata N° 1

La muestra obtenida de la calicata N° 1, hecha en la pista de aterrizaje no pavimentada, en el Tramo Km 0+900, a continuación se detalla los valores obtenidos en el Laboratorio, tal como consta en el certificado del anexo 10 y que serán detallados en el siguiente cuadro:

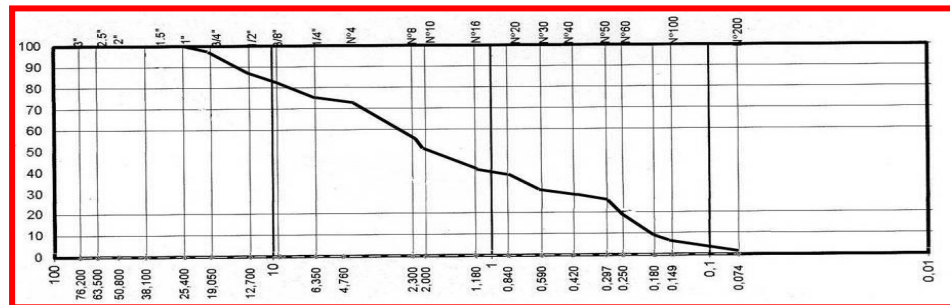
Tabla 57: Resultados del Ensayo Granulométrico: Calicata N° 1.

Calicata: C- 001		Muestra: M - 1		Profundidad	1,80m
Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	Peso Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
76,2	3"				100,0
63,5	2 1/2"				100,0
50,8	2"				100,0
38,1	1 1/2"				100,0
25,4	1"				100,0
19	3/4"	193,8	3,0	3,0	97,0
12,7	1/2"	646,0	10,0	13,0	87,0
9,525	3/8"	258,4	4,0	17,0	83,0
6,35	1/4"	387,6	6,0	23,0	77,0
4,76	N° 4	387,6	6,0	29,0	71,0
2,3	N° 8	1162,8	18,0	47,0	53,0
2	N° 10	258,4	4,0	51,0	49,0
1,18	N° 16	710,6	11,0	62,0	38,0
0,84	N° 20	258,4	4,0	66,0	34,0
0,59	N° 30	258,4	4,0	70,0	30,0
0,42	N° 40	193,8	3,0	73,0	27,0
0,297	N° 50	193,8	3,0	76,0	24,0
0,25	N° 60	387,6	6,0	82,0	18,0
0,18	N° 80	646,0	10,0	92,0	8,0
0,149	N° 100	193,8	3,0	95,0	5,0
0,074	N° 200	193,8	3,0	98,0	2,0
	< N° 200	129,2	2,0	100,0	0,0
	Peso Inicial	6460,0	100,0		

Fuente: Informe Laboratorio Suelos 001-EXP. 024-LMS 2018-UNFV

3.2.1.1. INTERPRETACIÓN: ENSAYO DE SUELO DE LA CALICATA 1

Tabla 58: Resultados de la Curva Granulométrica: Calicata N° 1.



Fuente: Informe Laboratorio Suelos 001-EXP. 024-LMS 2018-UNFV
Según la curva granulométrica con D10, D30 y D60 podemos determinar los coeficientes de curvatura mal graduado y de uniformidad con suelo uniforme, siendo $C_c = 0.55$ y $C_u = 16.79$, respectivamente. Asimismo se pudo determinar que esta muestra no presenta límites en la Tabla de Límites Atterberg.

Tabla 59: Referencias del Coeficiente de Uniformidad: Calicata N° 1

Coeficiente de Uniformidad	<5 Suelo Uniforme
Curvatura de la curva granulométrica	<2,5 Suelo muy uniforme
	<2 de arena de playa
	>200 glaciar

Fuente: Norma S.U.C.S. Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 60: Referencia del Coeficiente de Curvatura: Calicata N° 1.

Coeficiente de Curvatura	1 y 3
	Bien graduado
Relacionado con el origen del suelo, y cuanto menor es, más uniforme es el suelo	

Fuente: Norma S.U.C.S. Tesista. Elaboración: Propia

Podemos apreciar que los resultados obtenidos del ensayo granulométrico de los sedimentos se recogen en los cuadros de la Calicata 1, y gráficamente en la respectiva curva granulométrica que se ha trazado, representan el porcentaje de sedimento que atraviesa cada tamiz en mención y ordenadas respecto al logaritmo de la apertura de la malla en sus abscisas.

Este análisis de suelo se hace significativo, debido a la gran variedad de los sedimentos que presentan el suelo de fundación en esa parte de la pista de aterrizaje, ya que la distribución es diferente en cada fracción de la secuencia granulométrica.

Según la bibliografía de referencia y la norma, cuanto más finos sean los sedimentos de mayor concentración de acumulados, fenómeno natural que se atribuye a una elevada superficie específica que tienen las partículas finas y lo cual favorecen la adsorción o aumenta la calidad de drenaje, esencial en el diseño de pistas con pavimentos rígidos.

Tabla 61: Análisis Suelos Método AASHTO

Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	% máximo que pasa (NORMA AASHTO)	% Que pasa Calicata 1
2	Nº 10	50% máx.	49,0
0,42	Nº 40	30% máx.	27,0
0,074	Nº 200	15% máx.	2,0

Análisis Suelos Método AASHTO
Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

A partir de los resultados de la granulometría los sedimentos se han clasificado, el porcentaje de los materiales en la Calicata Nº 1, a 1.8m de profundidad y que pasa por la abertura de la malla Nº 200 fluctúa entre 1-2%, lo cual significa que la textura de los sedimentos de este suelo pertenece a Grava y Arena mal graduada y en el Sistema AASHTO le corresponde el código **A-1-a (0)**. De manera general se clasifica este suelo de Excelente a bueno: Excelente, y en la representación gráfica se puede observar de manera más detallada.

Los sedimentos que pasan por la abertura de la malla Nº 4 fluctúan entre 70-71%, lo cual significa que la textura de los sedimentos de este suelo pertenece a una Arena mal graduada y en el Sistema S.U.C.S. le corresponde el código **SP**, se puede observar de manera más detallada, en el siguiente cuadro.

Tabla 62: Análisis Suelos Método SUCS

Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	% máximo que pasa NORMA S.U.C.S.	% Que pasa Calicata 1
4,76	Nº 4	+ de 50% pasa	71,0

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.2.2. Resultados de los ensayos de suelo: Calicata Nº 2

La muestra, hecha en la pista de aterrizaje no pavimentada, en el Tramo Km 1+500, a continuación se detalla los resultados obtenidos en el Laboratorio, tal como consta en el certificado del anexo 11 y que serán detallados en el siguiente cuadro:

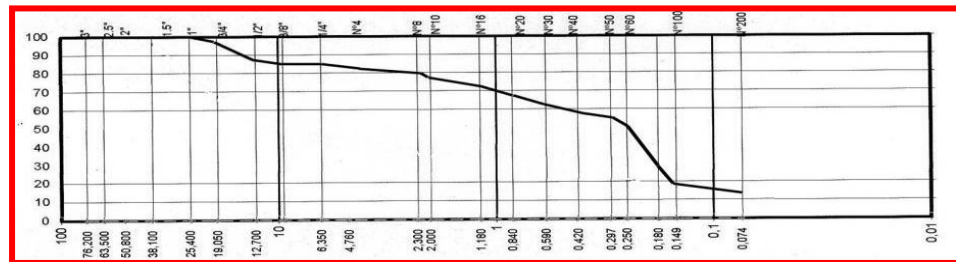
Tabla 63: Resultados del Ensayo Granulométrico: Calicata Nº 2.

Calicata: C- 002		Muestra: M - 1		Profundidad	1,80m
Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
76,2	3"				100,0
63,5	2 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0
50,8	2"	0,0	0,0	0,0	100,0
38,1	1 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0
25,4	1"	0,0	0,0	0,0	100,0
19	3/4"	375,0	5,0	5,0	95,0
12,7	1/2"	449,9	6,0	11,0	89,0
9,525	3/8"	75,0	1,0	12,0	88,0
6,35	1/4"	0,0	0,0	12,0	88,0
4,76	Nº 4	0,0	0,0	12,0	88,0
2,3	Nº 8	599,9	8,0	20,0	80,0
2	Nº 10	150,0	2,0	22,0	78,0
1,18	Nº 16	524,9	7,0	29,0	71,0
0,84	Nº 20	300,0	4,0	33,0	67,0
0,59	Nº 30	300,0	4,0	37,0	63,0
0,42	Nº 40	300,0	4,0	41,0	59,0
0,297	Nº 50	300,0	4,0	45,0	55,0
0,25	Nº 60	599,9	8,0	53,0	47,0
0,18	Nº 80	1499,8	20,0	73,0	27,0
0,149	Nº 100	599,9	8,0	81,0	19,0
0,074	Nº 200	449,9	6,0	87,0	13,0
	< Nº 200	974,9	13,0	100,0	0,0
	Peso Inicial	7499,0	100,0		

Fuente: Informe Laboratorio Suelos 002-EXP. 024-LMS 2018-UNFV

3.2.2.1. INTERPRETACIÓN: ENSAYO DE SUELO DE LA CALICATA 2

Tabla 64: Resultados de la Curva Granulométrica: Calicata N° 2.



Fuente: Informe Laboratorio Suelos 002-EXP. 024-LMS 2018-UNFV

Según la curva granulométrica con D10, D30 y D60 podemos determinar los coeficientes de curvatura bien graduado y de uniformidad con suelo uniforme, siendo **Cc = 1.38** y **Cu = 8.13**, respectivamente. Asimismo se pudo determinar que esta muestra solo presenta Límites Líquido 16 en la Tabla de Límites Atterberg, lo cual nos indica ausencia de arcilla en el suelo y que le da buen coeficiente de drenaje, para este Proyecto de Investigación.

Tabla 65: Referencias del Coeficiente de Uniformidad: Calicata N° 2.

Coeficiente de Uniformidad	<5 Suelo Uniforme
Curvatura de la curva granulométrica	<2,5 Suelo muy uniforme <2 de arena de playa >200 glaciar

Fuente: Norma S.U.C.S. Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 66: Referencia del Coeficiente de Curvatura: Calicata N° 2.

Coeficiente de Curvatura	1 y 3 Bien graduado
Relacionado con el origen del suelo, y cuanto menor es, más uniforme es el suelo	

Fuente: Norma S.U.C.S. Tesista. Elaboración: Propia

Podemos apreciar que los resultados obtenidos del ensayo granulométrico de los sedimentos se recogen en los cuadros de la Calicata 2, y gráficamente en la respectiva curva granulométrica que se ha trazado, representan el porcentaje de sedimento que pasa por cada tamiz en mención y ordenadas

respecto al logaritmo de la apertura de la malla en sus abscisas. Este análisis de suelo se hace significativo, debido a la gran variedad de los sedimentos con coeficientes de drenaje muy alto, que presentan el suelo de fundación en esa parte de la pista de aterrizaje, ya que la distribución es diferente en cada fracción de la secuencia granulométrica. Según la norma de referencia, cuanto más finos sean los sedimentos de mayor concentración de acumulados, fenómeno natural que se atribuye a una elevada superficie específica que tienen las partículas finas y lo cual favorecen la adsorción o aumenta la calidad de drenaje, esencial en el diseño de pistas con pavimentos rígidos.

Tabla 67: Análisis Suelos Método AASHTO

Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	% máximo que pasa (NORMA AASHTO)	Actual Calicata 2
2	Nº 10		78,0 %
0,42	Nº 40		59,0 %
0,074	Nº 200	35% máx.	13,0 %
Límite Líquido		40 máx.	16
Índice de Plasticidad		10 máx.	N.P.

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

A partir de los resultados de la granulometría los sedimentos se han clasificado, el porcentaje de los materiales en la Calicata Nº 2, a 1.80m de profundidad y que pasa por la abertura de la malla Nº 200 fluctúa entre 13-14%, lo cual significa que la textura de los sedimentos de este suelo pertenece a Grava arcillosa y Arena mal graduada y en el Sistema AASHTO le corresponde el código **A-2-4 (0)**. De manera general se clasifica este suelo de Excelente a bueno: Excelente, y en la representación gráfica se puede observar de manera más detallada.

Los sedimentos que pasan por la abertura de la malla Nº 4 fluctúan entre 87-89%, lo cual significa que la textura de los sedimentos de este suelo pertenece a una Arena con presencia de

limo: baja, mal graduada y en el Sistema S.U.C.S. le corresponde el código **SM**, se puede observar de manera más detallada, en el siguiente cuadro.

Tabla 68: Análisis Suelos Método SUCS

Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	% máximo que pasa NORMA S.U.C.S.	% Que pasa Calicata 1
4,76	Nº 4	+ de 50% pasa	88,0

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.2.3. Resultados de los ensayos de suelo: Calicata Nº 3

La muestra obtenida de la calicata Nº 3, hecha en la pista de aterrizaje no pavimentada, en el Tramo Km 1+800, en lo siguiente se detalla los valores obtenidos en el Laboratorio, tal como consta en el certificado del anexo 12 y que serán detallados en el siguiente cuadro:

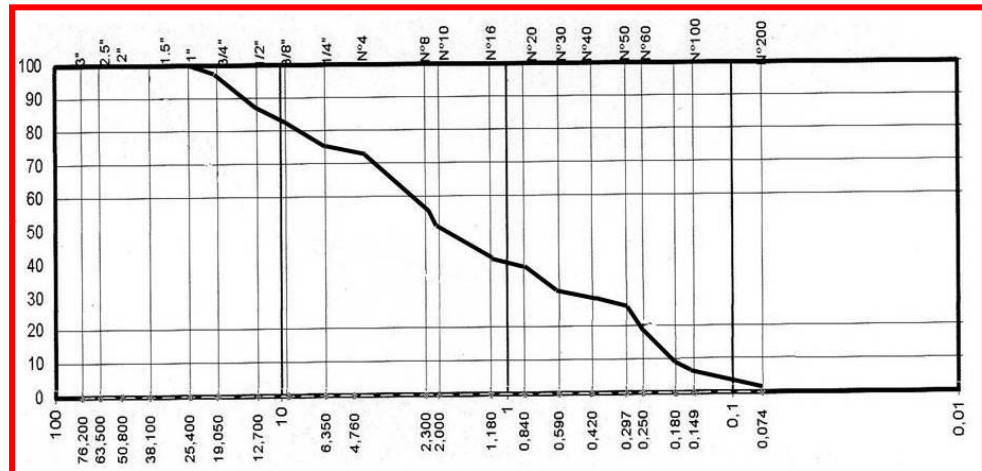
Tabla 69: Resultados del Ensayo Granulométrico: Calicata Nº 3.

Calicata: C- 003		Muestra: M - 1		Profundidad	1,80m
Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
76,2	3"				100,0
63,5	2 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0
50,8	2"	0,0	0,0	0,0	100,0
38,1	1 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0
25,4	1"	0,0	0,0	0,0	100,0
19	3/4"	0,0	0,0	0,0	100,0
12,7	1/2"	409,2	6,0	6,0	94,0
9,525	3/8"	272,8	4,0	10,0	90,0
6,35	1/4"	545,6	8,0	18,0	82,0
4,76	Nº 4	341,0	5,0	23,0	77,0
2,3	Nº 8	750,1	11,0	34,0	66,0
2	Nº 10	204,6	3,0	37,0	63,0
1,18	Nº 16	613,8	9,0	46,0	54,0
0,84	Nº 20	272,8	4,0	50,0	50,0
0,59	Nº 30	341,0	5,0	55,0	45,0
0,42	Nº 40	341,0	5,0	60,0	40,0
0,297	Nº 50	204,6	3,0	63,0	37,0
0,25	Nº 60	68,2	1,0	64,0	36,0
0,18	Nº 80	409,2	6,0	70,0	30,0
0,149	Nº 100	272,8	4,0	74,0	26,0
0,074	Nº 200	545,6	8,0	82,0	18,0
	< Nº 200	1227,5	18,0	100,0	0,0
	Peso Inicial	6819,5	100,0		

Fuente: Informe Laboratorio Suelos 003-EXP. 024-LMS 2018-UNFV

3.2.3.1. INTERPRETACIÓN: ENSAYO DE SUELO DE LA CALICATA 3

Tabla 70: Resultados de la Curva Granulométrica: Calicata N° 3.



Fuente: Informe Laboratorio Suelos 003-EXP. 024-LMS 2018-UNFV

Según la curva granulométrica con D10, D30 y D60 podemos determinar los coeficientes de curvatura mal graduado y de uniformidad con suelo uniforme, siendo **Cc = 0.08** y **Cu = 7.00**, respectivamente. Asimismo se pudo determinar que esta muestra solo presenta Límites Líquido 17 en la Tabla de Límites Attemberg, lo cual nos indica ausencia de arcilla en el suelo y que le da buen coeficiente de drenaje, para este Proyecto de Investigación, que llevará una pista con pavimento rígido.

Tabla 71: Referencias del Coeficiente de Uniformidad: Calicata N° 3.

Coeficiente de Uniformidad	<5 Suelo Uniforme
Curvatura de la curva granulométrica	<2,5 Suelo muy uniforme
	<2 de arena de playa
	>200 glaciár

Fuente: Norma S.U.C.S. Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 72: Referencia del Coeficiente de Curvatura: Calicata N° 3.

Coeficiente de Curvatura	1 y 3
	Bien graduado
Relacionado con el origen del suelo, y cuanto menor es, más uniforme es el suelo	

Fuente: Norma S.U.C.S. Tesista. Elaboración: Propia

Podemos reconocer que los resultados obtenidos del ensayo granulométrico de los sedimentos se recogen en los cuadros de la Calicata 3, y gráficamente en la respectiva curva granulométrica que se ha trazado, representan el porcentaje de sedimento que pasa por cada tamiz en mención.

Este análisis de suelo se hace imprescindible, debido a la gran variedad de los sedimentos que presentan el suelo de fundación en esa parte de la pista de aterrizaje que llevará el pavimento rígido, ya que la distribución es diferente en cada fracción de la secuencia granulométrica. Según la norma de referencia, cuanto más finos sean los sedimentos de mayor concentración de acumulados, esencial en el diseño de pistas de aterrizaje con pavimento rígido.

Tabla 73: Análisis Suelos Método AASHTO

Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	% máximo que pasa (NORMA AASHTO)	Actual Calicata 3
2	Nº 10		63,0 %
0,42	Nº 40	50% máx.	40,0 %
0,074	Nº 200	25% máx.	18,0 %
Límite Líquido			16
Índice de Plasticidad		6 máx.	N.P.

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

En el resultado de la granulometría, los sedimentos se han podido clasificar, con el porcentaje de los materiales en la Calicata Nº 3, a 1.80m de profundidad y que pasa por la abertura de la malla Nº 200 fluctúa entre 17-19%, lo cual significa que la textura de los sedimentos de este suelo pertenece a Grava y Arena mal graduada y en el Sistema AASHTO le corresponde el código **A-1-b (0)**, y en la representación gráfica se puede observar de manera más detallada.

Los sedimentos que pasan por el tamiz con abertura de la malla N° 4 fluctúan entre 76-78%, lo cual significa que la textura de los sedimentos de este suelo pertenece a una Arena con baja presencia de limo, mal graduada y en el Sistema S.U.C.S. le corresponde el código **SM**, se puede observar de manera más detallada, en el siguiente cuadro.

Tabla 74: Análisis Suelos Método SUCS

Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	% máximo que pasa NORMA S.U.C.S.	% Que pasa Calicata 1
4,76	N° 4	+ de 50% pasa	78,0

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.3. Análisis de Precios Unitarios

El presupuesto estimado tiene como objetivo el de describir los trabajos necesarios que han de ejecutarse para el Proyecto de Implementación de un Pavimento Rígido para la Pista de Aterrizaje del Aeródromo de San Juan de Marcona – Tramo Km 0+000 a 2+000, con un ancho efectivo de 45m., por encontrarse la actual pista, en un mal estado de conservación. Este proyecto, forma parte de un proyecto integral que permitirá la operación de aeronaves del tipo AIRBUS – A310. El implementar este tramo permitirá que las aeronaves puedan contar con un cabezo en condiciones técnicas necesarias para recibir aeronaves mayores a los aviones de Instrucción que se emplean hoy en día. El diseño de pavimento adoptado está acuerdo a estudios efectuados por el Ministerio de Transportes y la O.A.C.I.

Se estima las siguientes partidas para la ejecución del proyecto:

3.2.1. Obras Provisionales

Comprendidas en las instalaciones y construcciones requeridas para el desarrollo de los trabajos principales, destacándose el almacén de obra, caseta de guardianía, disponibilidad de almacén de agua, instalación de energía eléctrica, entre otros servicios, que son detalladas en la Tabla 73.

Tabla 75: APU - Obras Provisionales

OBRAS PROVISIONALES Caseta de Guarania y Almacén de Obra Rendimiento 1,00 Glob/día					
Fecha: Junio 2018					
MATERIALES	UND	aporte	P. UNIT.	parcial	sub- total
Clavos	kg.	80,00	3,10	248,00	
Tripley 4x8x4	pl.	60,00	24,00	1.440,00	
Calaminas	pl.	70,00	14,00	980,00	
Cemento	bl.	20,00	15,70	314,00	
Madera tornilo	p2	200,00	3,70	740,00	3.722,00
Mano de obra					
Capataz 0,50	HH	4,00	10,30	41,20	
Oficial 3,00	HH	24,00	8,63	207,12	
Peón 6,00	HH	48,00	7,84	376,32	624,64
Equipos y/o herramientas					
Herramientas manuales 3%	%	0,03	555,87	16,68	16,68
TOTAL x Glob				S/.	4.363,32

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.2.2. Trabajos Preliminares

Comprenden las tareas que serán previas al desarrollo de los trabajos principales, destacándose el traslado de maquinarias y equipos pesados a emplearse en la obra, así como el trazado y replanteo de las características de la nueva pista que irá sobre el pavimento existente.

Tabla 76: APU - Trabajos Preliminares

TRABAJOS PRELIMINARES Movilización y Desmovilización de Maquinarias y Equipos Rendimiento 1,00 Es/día					
Fecha: Junio 2018					
MATERIALES	UND	aporte	P. UNIT.	parcial	sub- total
Manode obra					
Equipo y/o herramientas					
Cargador frontal	est.	1,000	1.100,00	1.100,00	
Montonivelador	est.	1,000	1.100,00	1.100,00	
Pavimentadora	est.	1,000	1.100,00	1.100,00	
Rodillo liso autopropul	est.	1,000	1.100,00	1.100,00	
Rodillo neumático	est.	1,000	1.100,00	1.100,00	
Tractor de rueda	est.	1,000	1.100,00	1.100,00	6.600,00
TOTAL				S/.	6.600,00

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.2.3. Movimiento de Tierra

Comprenden las tareas de demolición y corte del pavimento existente, el mismo que se encuentra en un estado no apto por seguridad, así como la

excavación hasta llegar a la cota del nivel de subrasante necesario. También comprende la eliminación del desmonte y que deben desecharse.

Tabla 77: APU - Movimientos de Tierra

MOVIMIENTO TIERRAS					
CORTE Y DEMOL PAVIMENTO EXISTENTE					
Rendimiento		600 m2/día			Fecha: Junio 2018
MATERIALES	UND	aporte	P. UNIT.	parcial	sub- total
Disco diamantado	HM	0,0001	2.094,50	0,21	0,21
Mano de Obra					
Capataz 0,10	HM	0,0013	11,45	0,01	
Oficial 1,00	HM	0,0133	8,64	0,11	
peón 2,00	HM	0,0266	7,89	0,21	0,34
equipos y/o herramientas					
Tractor sobre rueda 200 HP 1,00	HM	0,0133	86,70	1,15	
	HM	0,0133	60,50	0,80	
Herramientas 3%	%	0,0300	0,48	0,01	1,97
			TOTAL x m2	S/.	2,52

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.2.4. Pavimento

Comprenden los trabajos principales para la construcción de cada elemento componente del pavimento de acuerdo al diseño correspondiente. Abarca el perfilado y compactación de subrasante, la colocación de una subbase de 0.30m. de espesor, la colocación de una base de 0.25m. espesor, y la colocación del concreto de espesor 8 pulgadas con la instalación de Dowels en canastillas y las dovelas longitudinales y transversales.

Tabla 78: APU - Pavimentos – Excavación SUBRASANTE

EXCAVACIÓN A NIVEL DE SUB-RASANTE					
Rendimiento		400,00 m3/día			Fecha: Junio 2018
MATERIALES	UND	aporte	P. UNIT.	parcial	sub- total
Mano de Obra					
Capatáz 0,60	HH	0,012	9,34	0,11	
Oficial 1,00	HH	0,020	7,62	0,15	
Peón 2,00	HH	0,040	6,84	0,27	
Equipos y/o Herramientas					
Tractor sobre rueda 200 HP 1,00	HM	0,0200	83,90	1,68	
Herramientas 3%	%	0,0300	0,53	0,02	
			TOTAL x m3	S/.	2,23

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 79: APU - Pavimentos - Eliminación Mat Excedente.

ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE		Fecha: Junio 2018			
Rendimiento		D= 5KM 100,00 m3/ día			
Mano de Obra	UND	aporte	P. UNIT.	parcial	sub- total
					0,07
Controlador 0,10	HH	0,008	8,440	0,07	
equipos y/o herramientas					7,16
Cargador Frontal 125 155 0,10	HM	0,008	68,830	0,55	
Volquete 10 m3 1,00	HM	0,080	82,530	6,60	
Herramientas 3 %	%	0,030	0,070	0,00	
			TOTAL x m3 S/.		7,22

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 80: APU - Pavimentos - Compactado SUBRASANTE

PAVIMENTO		Fecha: Junio 2018			
PERFILADO Y COMPACTADO SUBRASANTE					
Rendimiento		1,650,00 m2 / día			
Mano de Obra	UND	aporte	P. UNIT.	parcial	sub- total
					0,24
Capataz 0,50	HH	0,008	9,340	0,07	
Peón 5,00	HH	0,024	6,840	0,16	
equipos y/o herramientas					0,81
Motoniveladora 1,00	HM	0,005	59,100	0,30	
Cisterna (3000 Gls) 1,00	HM	0,005	58,100	0,29	
Rodillo vibratorio (7 - 9 TN) 1,00	HM	0,005	43,730	0,22	
Herramientas 3%	%	0,030	0,180	0,01	
			TOTAL x m2 S/.		1,05

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 81: APU - Pavimentos - SUBBASE e=0.30m

SUB BASE GRANULAR e=30 cm.					Fecha: Junio 2018
Rendimiento	750,00 m2/día				
Materiales	Unid.	Aporte	P. Unit.	Parcial	Sub- Total
					6,13
Afirmado e=0,30	m3	0,240	25,540	6,13	
Mano de Obra					0,53
Capataz 1,00	HH	0,010	9,340	0,09	
Peón 6,00	HH	0,064	6,840	0,44	
Equipos y/o Herramientas					1,69
Motoniveladora (130 HP) 1,00	HM	0,010	59,100	0,59	
Rodillo vibratorio (7 - 9 TN) 1,00	HM	0,010	43,730	0,44	
Cisterna (3000 Gls) 1,00	HM	0,010	63,600	0,64	
Motobomba (3.5 HP) 1,00	HM	0,010	0,810	0,01	
Herramientas 3%	%	0,030	0,530	0,02	
			TOTAL x m2 S/.		8,35

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 82: Cálculo de Material requerido para SUBBASE

PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE
OBRA NAVAL

AERÓDROMO - MARCONA - NAZCA - ICA (Km 0+000.00 - Km

TRAMO 2+000.00)

SUPERVISOR LOAYZA GUTIERREZ LEANDRO CESAR

RESUMEN DE METRADOS - SUB BASE

Km 0+000 a Km 2+000

Progresiva	Distancia (m)	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Volumen Parcial (m3)	Volumen Acumulada (m3)
0+000,00						
0+100,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	1350,00 m3
0+200,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	2700,00 m3
0+300,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	4050,00 m3
0+400,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	5400,00 m3
0+500,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	6750,00 m3
0+600,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	8100,00 m3
0+700,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	9450,00 m3
0+800,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	10800,00 m3
0+900,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	12150,00 m3
1+000,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	13500,00 m3
1+100,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	14850,00 m3
1+200,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	16200,00 m3
1+300,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	17550,00 m3
1+400,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	18900,00 m3
1+500,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	20250,00 m3
1+600,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	21600,00 m3
1+700,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	22950,00 m3
1+800,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	24300,00 m3
1+900,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	25650,00 m3
2+000,00	100,00	100,00	45,00	0,30	1350,00	27000,00 m3
Km 0+000,00 a Km 2+000,00 TOTAL Volumen Material SUB BASE						27000,00 m3
Km 0+000,00 a Km 2+000,00 TOTAL Volumen Material SUB BASE						27,00 Tn

Densidad relativa (%)	Denominación
0-15	Muy suelto
15-35	Suelto
35-65	Medio
65-85	Denso
85-100	Muy denso

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 83: APU - Pavimentos - BASE e=0.25m

BASE GRANULAR e=25cm.					
Rendimiento			750,00	m ² /día	Fecha: Junio 2018
Materiales		Unid.	Aporte	P.Unit.	Parcial
					Sub-total
Afirmado	e= 0,25	m ³	0,190	26,100	4,96
Mano de Obra					0,38
Capataz	0,10	HH	0,010	9,340	0,09
Peón	4,00	HH	0,0420	6,840	0,29
Equipo y/o Herramientas					1,68
Motonivelador (130HP)	1,00	HM	0,0100	59,100	0,59
Rodillo vibratorio (7 - 9 TN)	1,00	HM	0,01	43,730	0,44
Cisterna (3000 Gls)	1,00	HM	0,01	63,600	0,64
Motobomba (3.5 HP)	1,00	HM	0,01	0,810	0,01
Herramientas 3%		%	0,03	0,380	0,01
				TOTAL x m²	
				S/.	7,02

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 84: Cálculo de Material requerido para BASE

OBRA PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL
TRAMO AERÓDROMO - MARCONA - NAZCA - ICA (Km 0+000.00 - Km 2+000.00)
SUPERVISOR LOAYZA GUTIERREZ LEANDRO CESAR

RESUMEN DE METRADOS - BASE						
Km 0+000 a Km 2+000						
Progresiva	Distancia (m)	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Volumen Parcial (m³)	Volumen Acumulada (m³)
0+000,00						
0+100,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	1125,00 m ³
0+200,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	2250,00 m ³
0+300,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	3375,00 m ³
0+400,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	4500,00 m ³
0+500,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	5625,00 m ³
0+600,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	6750,00 m ³
0+700,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	7875,00 m ³
0+800,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	9000,00 m ³
0+900,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	10125,00 m ³
1+000,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	11250,00 m ³
1+100,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	12375,00 m ³
1+200,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	13500,00 m ³
1+300,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	14625,00 m ³
1+400,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	15750,00 m ³
1+500,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	16875,00 m ³
1+600,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	18000,00 m ³
1+700,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	19125,00 m ³
1+800,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	20250,00 m ³
1+900,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	21375,00 m ³
2+000,00	100,00	100,00	45,00	0,25	1125,00	22500,00 m ³
Km 0+000,00 a Km 2+000,00 TOTAL Volumen Material BASE						22500,00 m³
Km 0+000,00 a Km 2+000,00 TOTAL Volumen Material BASE						22,50 Tn

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 85: APU - Pavimentos - CONCRETO. e = 0.20m

CONCRETO e = 8"					Fecha: Junio 2018
Rendimiento	1.750,00 m2/día				
Materiales	Unid.	Aporte	P. Unit.	Parcial	Sub- Total
					238,09
Cemento Portland Tipo I - 42,5Kg	Bol	1,9800	23,500	46,53	
Hormigón	m3	1,5400	124,390	191,56	
Mano de Obra					235,27
Capataz 1,00	HH	1,4500	12,880	18,68	
Operario 3,00	HH	9,5000	11,980	113,81	
Peón 6,00	HH	9,0000	11,420	102,78	
Equipos y/o Herramientas					152,02
Vibrador a Gasolina (2 HP) 1,00	HM	1,4800	41,860	61,95	
Plancheta y vibrocompactadora 1,00	HM	1,2300	45,730	56,25	
Formaleta y anclajes 1,00	HM	0,8900	38,000	33,82	
TOTAL x m2 S/.					625,38

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

Tabla 86: Cálculo de Volumen de Concreto requerido

OBRA PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL

TRAMO AERÓDROMO - MARCONA - NAZCA - ICA (Km 0+000.00 - Km 2+000.00)

SUPERVISOR LOAYZA GUTIERREZ LEANDRO CESAR

RESUMEN DE METRADOS - CONCRETO

Km 0+000 a Km 2+000

Progresiva	Distancia (m)	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Volumen Parcial (m3)	Volumen Acumulada (m3)
0+000,00						
0+100,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	900,00 m3
0+200,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	1800,00 m3
0+300,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	2700,00 m3
0+400,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	3600,00 m3
0+500,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	4500,00 m3
0+600,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	5400,00 m3
0+700,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	6300,00 m3
0+800,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	7200,00 m3
0+900,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	8100,00 m3
1+000,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	9000,00 m3
1+100,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	9900,00 m3
1+200,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	10800,00 m3
1+300,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	11700,00 m3
1+400,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	12600,00 m3
1+500,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	13500,00 m3
1+600,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	14400,00 m3
1+700,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	15300,00 m3
1+800,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	16200,00 m3
1+900,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	17100,00 m3
2+000,00	100,00	100,00	45,00	0,20	900,00	18000,00 m3
Km 0+000,00 a Km 2+000,00 TOTAL Volumen CONCRETO						18000,00 m3
Km 0+000,00 a Km 2+000,00 TOTAL Volumen CONCRETO						18,00 Tn

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.2.5. Pintura

Comprenden todos los trabajos de pintura de señalización en el tramo señalado de la obra. Consiste en el pintado de la línea intermitente que divide los carriles o líneas de tránsito. La longitud pintada será de 1.50m y sin pintar de 3.50m para la vía respectivamente. Las marcas que se hagan en la pista o en los obstáculos serán utilizados para reglamentar los movimientos de aeronaves e incrementar la seguridad de sus operaciones. El material que será usado para marcar los pavimentos, en los bordes de pista y demás objetos, será una pintura de tráfico, TTP-115-E-III, sin embargo en el mercado contamos con diversas pinturas para tráfico de igual o superior calidad, tales como el concreto coloreado, termoplásticos, cintas adhesivas que son para pavimento o elementos que sean marcadores individuales del pavimento “RPM o tachas”, las mismas que podrán ser utilizados, con una previa autorización de la autoridad del país, competente.

Tabla 87: APU - Pintura de señalización

PINTURA PINTURA DE SEÑALIZACIÓN					
Rendimiento			40,00	m2/día	Fecha: Junio 2018
Materiales		Unid.	Aporte	P.Unit.	Parcial
					6,83
Pintura de Tráfico		Gal	0,050	86,70	4,34
Brocha		Und	0,050	25,00	1,25
Cordel		%	0,100	6,48	0,65
Disolvente		Gal	0,050	12,00	0,60
Mano de Obra					8,00
Oficial	1,00	HH	0,200	8,40	1,68
Peón	4,00	HH	0,800	7,90	6,32
Equipos y/o Hmtas					
Carrito Pintor	1,00	HM	0,200	11,50	2,30
				TOTAL x m2 S/.	17,13

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

3.2.6. Presupuesto total del Pavimento Rígido

Se ha hecho un cálculo de material al precio de la zona, y se detalla en la siguiente Tabla, para lo cual se da un estimado del presupuesto total del proyecto de investigación. Considerar costos actuales a la fecha y que puedan ser variables en el tiempo.

Tabla 88: Estimación de Presupuesto Requerido - Pavimento Rígido

VALOR REFERENCIAL

OBRA: UTILIZACIÓN DE UN ELEMENTO PREFABRICADO EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL

TRAMO: Km 0+000 A Km 2+000

UBICACIÓN: SAN JUAN DE MARCONA - NAZCA - ICA

FECHA: JUNIO DEL 2018

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	P. UNIT.	P. TOTAL
1.00	OBRAS PROVISIONALES				
1.01	Caseta de Guardianía y Almacén de Obra	GLOB	1,00	4.363,32	4.363,32
1.02	Instalaciones provisionales	EST	1,00	6.600,00	6.600,00
2.00	TRABAJOS PRELIMINARES				
2.01	Movilización y Desmovilización de Equipos	EST	1,00	0,46	0,46
2.02	Trazado y Replanteo con Equipo	m2	24.000,00	0,42	10.080,00
3.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
3.01	Corte y Demolición de Pavimento Existente	m2	24.000,00	2,52	60.510,74
3.02	Excavación hasta nivel de Subrasante	m3	4.000,00	2,23	8.927,92
3.03	Eliminación de Material Excedente 20%Esp	m3	4.800,00	7,22	34.668,77
4.00	PAVIMENTO				
4.01	Perfilado y Compactación de Subrasante	m2	24.000,00	1,05	25.174,32
4.02	Sub Base e=0.30 m	m2	27.000,00	8,35	225.424,62
4.03	Base e=0.25 m	m2	22.500,00	7,02	158.028,30
4.05	Concreto Armado e=8"	m3	18.000,00	625,38	11.256.791,40
4.06	Dowels en Canastilla y Malla de Ingeniería	Est	3.760,00	320,00	1.203.200,00
5.00	PINTURA				
5.01	Pintura de Señalización	m2	150,00	17,13	2.569,95
COSTO DIRECTO				S/. 12.996.339,80	
GG y UTILIDADES 20%				S/. 2.599.267,96	
SUB TOTAL				S/. 15.595.607,76	
I.G.V. 18%				S/. 2.807.209,40	
TOTAL				S/. 18.402.817,16	

Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

IV. DISCUSIÓN

- 4.1. **HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 1:** “Aplicando procedimientos normados en la elaboración del proyecto, optimizaremos la resistencia del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017”.

Como es de conocimiento, el primer pavimento de concreto fue construido en el año 1893, y desde entonces, el concreto ha sido utilizado extensamente para pavimentar calles, carreteras y aeropuertos, y considerando las características tanto de operación como físicas de las aeronaves que hagan uso sobre la pista en mención, así como las consideraciones de ingeniería; costo y beneficio en la ejecución; los estudios del impacto ambiental, como también las normas aeronáuticas nacionales e internacionales, con variaciones máximas de las pendientes longitudinales de 1,5%, transversales 1,5% y como resultado final de 1% en la pendiente longitudinal, considerando 3760 losas de concreto de 4,5m (25 veces del espesor de cada unidad de concreto) x 5,30m (5,90 máxima longitud de cada losa) x 0,20m de espesor, juntas de contracción transversal construidas a intervalos de 4,5m (Norma indica 3 y 6m), con el fin de controlar la fisuración de las losas, unidas mediante dovelas o barras de transferencias colocadas en las juntas longitudinales y transversales a 0,40m, asegurando la transferencia de carga entre estas; además se colocan barras de anclaje en las juntas longitudinales, en dirección perpendicular al eje de la vía. Este procedimiento también optimizará la resistencia de los materiales disponibles a las fisuras, grietas, deterioro superficial, entre otros, y también la de estudiar la constitución del apoyo donde va la estructura del pavimento, se puede considerar el costo y beneficio de las mismas, encontrando de esta manera la solución técnica y económica adecuada.

Un drenaje mal diseñado, adicional al mal sellado puede contribuir de manera muy favorable a las fisuras, grietas y escalonamiento del pavimento rígido a través del bombeo que pueda generarse entre dos bloques del pavimento y que dichas fallas se producirían de forma transversal al bloque

por sobrecarga de vehículos de carga pesada, ya que la transmisión de cada carga se realiza de manera uniforme sobre su avance y esto a su vez no permite el hundimiento en forma puntual, sino distribuida. Para controlar una óptima resistencia a la compresión se ha determinado seguir lo establecido en la NTP 339.034, a través de la dosificación de resistencia del concreto a $f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$, ensayos y curados sobre 3 cilindros de 0,20 x 0,10m para cada día, comprobando de esta manera que su resistencia a 28 días de edad, se ha optimizado en un 67,50% de resistencia adicional. Considerando que fueron en distintas edades: 1, 3, 7, y 28 días.

Para garantizar que no haya contracción no controlada, que se presenta durante el fraguado, se establece un buen curado hasta 28 días, desde el vaciado del hormigón, cumpliendo las prácticas existentes para los procedimientos de vibrado, colocación, manejo, protección y el curado final. No se debe de permitir la adición de agua o de cemento durante el texturizado y llenado, porque alterará la proporción determinada de materiales en la superficie, y por lo tanto, su desempeño mecánico y para controlar de alguna manera, la temperatura interna del pavimento depende de la temperatura del ambiente en el lugar donde se vaya a instalar o construir, en ese momento ocurre un alabeo por cada tramo o bloque lo cual es aceptable hasta cierto punto debido a la gradiente térmica, pudiendo ser ésta a su vez, no favorable si en el día ocurriera mayor tránsito de carga, presentándose mayores esfuerzos en la estructura del pavimento, se propone en el diseño, la instalación de una malla de ingeniería que será hecha a pedido al fabricante, dentro de las medidas de cada losa, 0,05m menos de cada dimensión 3760 unidades o mallas, con varillas de 3/8, electrosoldado, con separación longitudinal y transversal a 0.20m, y colocada a 0.05m (e/4) de la superficie del pavimento rígido.

Las juntas y el sellado de las mismas con poliuretano, tienen un factor muy importante en los pavimentos rígidos y son realizados con la finalidad de controlar los esfuerzos que ya se presentan en la estructura del concreto a consecuencia de los movimientos de dilataciones del material, contracciones y a las variaciones de humedad y temperatura, su costo y beneficio es

compensado con la alta calidad y la durabilidad que se da en el sello de la vía. La profundidad de estas juntas deberá ser de 0.02m a 0.03m, de un ancho de 0.005m a 0.01m, y las barras de atado serán de acero corrugado, de 12 mm de diámetro y 80 mm de longitud e irán a separados a cada 1.0m, no superando 1.2m bajo ninguna circunstancia.

Por la aplicación de sobrecarga de fuerzas de impactos de aterrizaje, ya que cualquier transmisión de las cargas se efectuará de una manera uniforme en cada tramo, esto a su vez a modo de bloque no permite el hundimiento y mejora la resistencia a la flexión, y también contribuye a que no aparezca fisuras, adicional a la ya elevada resistencia a la flexión con que cuenta un diseño de los pavimentos rígidos, Bernaola Chuquillanqui, Roberto (2014), en su tesis: *“Evaluación y determinación del Índice de Condición del pavimento rígido en el aeropuerto Francisco Carle en la ciudad de Jauja”*, determina y evalúa el índice de la condición de pavimento rígido en el aeropuerto, así como el nivel de su severidad en cada uno de los factores de daño en las vías y que contiene una superficie de los Pavimentos Rígidos, aplicando el método establecido por la Norma ASTM D6433-07 que nos faculta a tener una idea del Índice de Condición en Pavimentos Rígidos, determinando que uno de los tipos de daños más frecuentes y notorios encontradas dentro de las unidades de análisis fueron las de bacheos por la acometidas en su operación, por lo que se deberá de prever espacios adecuados para este servicio en las futuras construcciones similares o en rehabilitaciones en que se vayan a realizar, para que de esta manera se pueda evitar fracturas en las losas y que da origen en la mayoría de veces a otros tipos de daños.

- 4.2. **HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 2:** “Utilizando un elemento prefabricado en el diseño del pavimento rígido minimizaremos las fallas comunes y el espesor de pavimento rígido será optimizado en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017.

La utilización de un Sistema Dowels en la construcción de un pavimento rígido nos ayuda a prevenir o mitigar las fallas que se pueden producir de forma transversal por la aplicación de exceso o sobrecarga de las cargas pesada y/o vehículos, ya que cualquier transmisión de las cargas se efectuará de una manera uniforme en cada tramo, esto a su vez a modo de bloque no permite el hundimiento y mejora la resistencia a la flexión, y también contribuye a que no aparezca fisuras. Considerando el colocado del Sistema Dowels, debemos evitar un desalineamiento que podría llegar a producirse en el armado de las barras pasajuntas con bajo alojamiento, éstas barras desalineadas son tanto en el sentido horizontal como en el vertical pueden aportar de nuevas fisuras de manera transversal en la losa de concreto. No olvidar que es muy imprescindible para los pavimentos que contengan un alto Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes, mayores a CUATRO (4) millones en su periodo para lo cual fue diseñado.

Esta barra pasajunta en su estado de desalineada provoca una unión transversal, dando origen a una fisura en el lugar nuevo de carga o trabajo por efecto de dilatación y contracción, puede observarse también que la pasajunta más próxima al fondo está bien cerca al margen de la losa, lo cual no es recomendable, debiendo existir una separación de 15 cm, mínima. Las cimas en este tipo de falla se visualizan en una dirección perpendicular a la línea del rodaje de la aeronave; este daño es normalmente ocasionado debido a la acción del rodaje combinado con la base o carpeta de baja estabilidad, en un Nivel Medio de Severidad, pues produce un efecto regular en la calidad de rodaje a lo largo de la pista de aterrizaje, debido a que las operaciones ya dependen desde sí, de las condiciones de la pista, limitando las conectividades en el aérea de la Región de Ica y demás departamentos de

la zona. Para diseñar o estimación del espesor del pavimento rígido, se pueden utilizar los métodos de diseño recomendados que son mecanicista puro o empírico-mecanicista, estos métodos nos permiten valorar el espesor de cada losa requerido y que pueda cumplir con sus expectativas de uso. El método mecanicista que basa su estimación, en el diseño en la acción repetitiva de cargas, de esta manera determina las fallas que se dan por la fatiga en puntos más críticos de cualquier losa de concreto y que nos permite determinar un espesor lo cual va a minimizar tensiones producto de sus condiciones. Este método empírico-mecanicista, tiene como base a la Guía de diseño AASHTO 98.

Se optimiza el espesor con el uso de las canastillas Dowels, a OCHO (8) pulgadas o VEINTE (20) centímetros, MR mayor o igual a 3,4 MPa (34 kg/cm²), en razón a las máximas cantidades de Ejes Equivalentes, CBR de la subrasante superior al 20% y a las juntas convencionales que permitan establecer, entre ellas, el espesor que cumpla con los criterios de alta serviciabilidad, durante su vida útil, como podemos apreciar en las Tablas 26, 27, 28 y 29. Este sistema será colocado en cada una de las losas de concreto, en total son 3760 unidades o canastillas, de 4.0m longitud e instaladas en forma perpendicular al eje longitudinal de la pista de aterrizaje. El Dowel viene a ser un elemento pre-fabricado que consiste de una canastilla que va armada y electrosoldada, con los pasadores soldados por un lado únicamente, lo que garantizará que la canastilla sea ubicado a la mitad de su altura de la losa, en este caso, 0.10m. El empleo de estos pasadores disminuyen deflexiones y esfuerzos del concreto, de esta manera estará reduciendo el bombeo, escalonamiento, y fallas de esquina que puedan originarse. Serán elementos que han sido prefabricados, y listos para ser colocados en la obra, de esta manera se eliminan las actividades tanto de corte y doblado, como la soldadura, a la vez que nos minimizan mano de obra, estas canastillas son muy sencillas de colocar en la obra, elevan la vida útil de los pavimentos rígidos, e incrementan de manera mecánica, las transferencia de cargas aportadas por la trabazón de sus agregados.

Establecido por diseño, el espesor del pavimento rígido es acondicionado a su suelo de fundación, se puede optimizar su base para asegurar la estructura del pavimento que sea capaz de soportar altas cargas para aeronaves de mayor porte, en aeródromos para garantizar su elección de elegir un diseño de pavimentos que no es una tarea nada fácil, pues existen demasiadas posibilidades, y en el Desarrollo del presente Proyecto de Investigación optamos por elegir un pavimento rígido, como García Saldívar, Gabriela (2014), en su tesis: “*Diseño de pavimentos para aeropistas, ciudad de México*”, lo establece entre su objetivo el de ejecutar un diseño de las variadas opciones, en el cual se ejecutan un número muy alto, considerable de movimientos de aeronaves al año, así como también el de alcanzar su mayor resistencia en cada uno de estos diseños, lo cual nos da una mejor referencia los resultados y la interpretación de los ensayos de concreto en laboratorio que fueron llevados a cabo en este trabajo. Para el diseño de una aeropista y que utilice la norma F.A.A. se debe considerar de manera muy importante que los aspectos a tener mucho cuidado son: el espesor de sus capas los cuales no están calculadas en el programa pero que ya vienen determinados, los resultados de la capacidad portante de su suelo, las mismas que fueron confirmadas con los ensayos en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil - UNFV y las características de aeronaves que sean introducidos en el programa, las cuales serán elegidos de acuerdo al diseño requerido por la Base Naval de Marcona, en este caso será la aeronave Airbus A310.

4.3. **HIPÓTESIS ESPECÍFICA N° 3:** “El conocimiento y establecimiento de nuestro suelo de fundación nos garantizará la vida útil en el diseño del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017.

La norma SUCS, clasifica a los suelos de la siguiente manera, en CUATRO (4) categorías principales, y cada uno de su división utiliza un solo símbolo que nos va a definir su naturaleza de suelo de grano grueso, fino, orgánicos y turbas. Por el tamaño de las partículas de suelo serán Cantos rodados, guijarros, grava (gruesa y fina), arena (gruesa, media y fina), arcilla, limo, arcilla orgánica, limo orgánico, y turba. Todas estos tipos de suelos utilizan sufijos W, P, L y H, y se pueden hacer combinaciones de arena (S), Limo (M), como también símbolos dobles que dará referencia a que si, aquella fracción gruesa sea pobremente o bien gradada, la segunda parte describe la naturaleza de suelos que son finos. Y su finalidad será la determinación cuantitativa, de la distribución de los tamaños de las partículas del suelo a estudiar, describe los métodos y requisitos para poder determinar los diferentes porcentajes de suelo, y que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74mm (N° 200), y que serán determinadas por balanzas calibradas, tamices de malla cuadrada, horno con temperatura constante hasta $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$), envases apropiados, cepillos y brochas.

Por la Norma (ASTM D - 4318), se determina el límite plástico y que se va a obtener en laboratorio, la cual caracteriza un tipo de suelo, y su cálculo de índice de plasticidad (IP), por si se conociera también, su límite líquido (LL). Se califica como el límite plástico (LP), a la mínima humedad con la que se podrían formar algunas barras o rodillos de suelo de 3,2mm (1/8pulg) de diámetro, haciendo rodar el mencionado suelo, con la palma de la mano en la superficie lisa (vidrio esmerilado), de tal manera que los mencionados rodillos, no se desarmen o se desmoronen. En este suelo de fundación, con la que cuenta el proyecto La ausencia casi total de arcilla o limo, en el suelo de fundación nos da una buena categoría al lecho donde irá el pavimento, en las que nos garantizará una mejor vida útil, característico de la zona del

distrito de Marcona - Nazca, como el caso de Marco Antonio CONTRERAS, en su tesis de grado de Ingeniería Geológica (2014) e información pública del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET, (2017), quienes nos confirman el estado del terreno con contenido de suelo “EXCELENTE”, lo cual nos da una tercera validez a los ensayos que se ha realizado en el laboratorio de la Universidad Nacional Federico Villareal. Esta será ensayada por medio de ensayos para determinar su coeficiente de balasto (k), efectuado el ensayo aleatoriamente entre los bordes y el eje del futuro pavimento rígido, por lo menos cada 100 m, o en casos de suelos homogéneos cada 200m, como lo establece diferentes entidades, entre ellas el Instituto Boliviano del Cemento y del Hormigón. (Octubre 2012, p.45).

Para efectos de estos ensayos, y para garantizar la calidad del suelo de fundación, lo cual nos dará un punto de referencia para establecer el pavimento rígido para la pista de aterrizaje, se ha tomado muestras de suelo que pertenece a la pista de aterrizajes del aeródromo de la Base Naval de San Juan de Marcona en la zona no pavimentada que comprende dentro de los 2,000m de extensión del proyecto. Esta muestra necesaria ha sido requerido por el Laboratorio de Suelos, de la Universidad Nacional Federico Villareal, en su Facultad de Ingeniería Civil, para lo cual se ha extraído UNA (1) muestra de DIEZ (10) kilos aproximado por cada uno de las TRES (3) calicatas efectuadas en el campo mencionado, a 1.80m de profundidad. Una vez ya, en la Facultad de Ingeniería Civil, en el Laboratorio de Suelos de Universidad Nacional Federico Villareal, se procedió a pesar las TRES (3) muestras distintas de cada calicata en la balanza del laboratorio. Lo cual nos arrojó un pesado de 6.460,0 kg en la primera muestra de la calicata N° 1, 7.499,0 kg en la segunda muestra de la calicata N° 2, y 6.819,5 kg en la tercera muestra de la calicata N° 3. Las tres calicatas han sido hechas a una profundidad de 1.80m. La muestra que no ha pasado el tamiz de 0,074mm (N° 200), se ha lavado con una cantidad excedente de agua, y se ha tratado de evitar el aplastarla contra el tamizador y con mucho cuidado, de que no se pierda alguna partícula de las que se hayan quedado retenidas en él. Lo

retenido se puso en su recipiente, y secado en el horno, a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$), y finalmente pesado.

Se ha considerado como referencia, los estudios previos en la geología del terreno o suelo de fundación característico de la zona del distrito de Marcona - Nazca, como el caso de Marco Antonio CONTRERAS, en su tesis de grado de Ingeniería Geológica (2014) e información pública del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – **INGEMMET**, (2017), quienes nos confirman el estado del terreno que contiene un suelo “EXCELENTE”, lo cual nos da una segunda validez a los ensayos que se ha realizado en el laboratorio de la Universidad Nacional Federico Villareal. La estratigrafía en el área donde se ubica el proyecto está constituida geológicamente por depósitos de terrazas marinas, y abanicos aluviales, compuestos de gravas y arenas. Siendo la estratigrafía de las diferentes calicatas a 1,80m de profundidad, ubicadas en el lugar evaluado: **Km 0+900.-** Grava y Arena mal graduada, de suelo uniforme, no presenta Límites en la Tabla de Límites de Attemberg ($\text{LL} = \text{N.P.}$, $\text{I.P.} = \text{N.P.}$). En estado de baja humedad natural (0.90) y de alta compacticidad. Clasificado en el laboratorio como: SP, A-1-a (0). **Km 1+500.-** Grava y Arena bien graduada, de suelo uniforme, presenta solo Límite Líquido en la Tabla de Límites de Attemberg ($\text{LL} = 16.0$, $\text{I.P.} = \text{N.P.}$). En estado de baja humedad natural (0.88) y de alto compacticidad y buen coeficiente de drenaje. Clasificado en el laboratorio como: SM, A-2-4 (0). **Km 1+800.-** Grava y Arena mal graduada, de suelo uniforme, presenta solo Límite Líquido en la Tabla de Límites de Attemberg ($\text{LL} = 17.0$, $\text{I.P.} = \text{N.P.}$). En estado de baja humedad natural (1.73) y de alta compacticidad y buen coeficiente de drenaje. Clasificado en el laboratorio como: SM, A-1-b (0).

El ensayo de las TRES (3) calicatas hechas en el área del proyecto donde se establecerá la pista de aterrizaje, fueron efectuados en los Tramos Km 0+900, Km 1+500 y Km 1+800 del aeródromo de la Base Naval en el distrito de Marcona - Nazca, y los ensayos de suelos, fueron realizados en el Laboratorio de Suelos - UNFV, las mismas que fueron asesoradas y supervisadas por los técnicos especialistas del propio laboratorio. Los

resultados que fueron obtenidos de los diferentes ensayos y de las 3 calicatas, fueron correlacionados con los números de CBR de la subrasante a 20-80%, tal como está dentro de la zona resaltada en la figura 57, que viene de la Guía AASHTO-93. Los resultados que fueron obtenidos en los diferentes ensayos en 3 calicatas, nos dan un valor obtenido de CBR mayor que 20%, como podemos apreciar en Tabla 19, nos ayuda a determinar, que posee una estructura de su suelo con soporte en condiciones “apta” para nuestra estructura del pavimento, a pesar de ello y para garantizar las pruebas de Control de Calidad, se efectuará una corrección del CBR, y se compactará por debajo de la subrasante a una profundidad de 12 pulgadas, para superar el 95%. Los ensayos obtenidos en las 3 calicatas superan los CBR mínimos establecidos y nos garantiza un comportamiento **MUY BUENO** como suelo de fundación, según la Tabla 20.

Será necesario una compactación de un mínimo de 0.30m, con material de hormigón muy seco que tenga asentamiento 0, elaborado en una planta, y que sea transportado en volquetes, para evitar bombeos de finos, y proporcionar apoyo uniforme y compactarlo carril por carril. La humedad que se debe de contar en la compactación no debe de variar en un $\pm 2\%$ de su Optimo Contenido de Humedad, con la finalidad de obtener los porcentajes aceptables de compactación ya especificados, con un CBR al 95%.

Asimismo, estimamos en base a los resultados obtenidos, la capacidad que tiene la portante del suelo de fundación, para distintas profundidades de cimentación, de manera que se pueda asegurar la cimentación que satisfaga las solicitudes de las cargas actuantes de las estructuras proyectadas, en la que se han efectuado trabajos exploratorios de campo, los correspondientes ensayos en laboratorio y trabajos de gabinete, realizados en el Laboratorio de Suelos, serán detallados a continuación, las mismas que fueron asesoradas y supervisadas por los técnicos especialistas del propio laboratorio. Las muestras fueron tomadas los días 21 y 22 de abril 2018, en las TRES (3) calicatas hechas en la pista de aterrizaje en los Tramos Km 0+900, Km 1+500 y Km 1+800 del aeródromo de la Base Naval en el Distrito de San Juan de Marcona.

Según la curva granulométrica con D10, D30 y D60 podemos determinar en la CALICATA N° 1, con un coeficiente de curvatura mal graduado ($C_u = 16.79$), y con coeficiente de uniformidad uniforme ($C_c = 0.55$). Asimismo se pudo determinar que esta muestra no presenta límites en la Tabla de Límites Atterberg. Mientras que en la CALICATA N° 2, cuenta con un coeficiente de curvatura bien graduado ($C_c = 1.38$), con coeficiente de uniformidad uniforme ($C_u = 8.13$), y solo se determina que esta muestra solo presenta Límites Líquido 16 en la Tabla de Límites Atterberg, lo cual nos indica casi nula presencia de arcilla en el suelo y que le da buen coeficiente de drenaje. Finalmente en la CALICATA N° 3, se pudo determinar con un coeficiente de curvatura mal graduado ($C_c = 0.08$), y con coeficiente de uniformidad uniforme ($C_u = 7.00$), y solo presenta Límites Líquido 17 en la Tabla de Límites Atterberg, lo cual nos indica ausencia de arcilla en el suelo y que le da buen coeficiente de drenaje, para este Proyecto de Investigación, que llevará una pista con pavimento rígido.

Se ha determinado un alto coeficiente de drenaje, como el de clasificado de suelo EXCELENTE por la norma S.U.C.S. en el suelo de fundación o subrasante de la pista de aterrizaje de la Base Naval de Marcona, donde ya no será necesario el de compactar del material, no obstante, por cuestiones de optimizar su eficiencia y superar las pruebas de Control de Calidad se compactará por debajo de la subrasante a una profundidad de 12 pulgadas, para superar el 95% de densidad del terreno, este tipo de suelo aporta a un sistema de drenaje para cuidar el pavimento construido sobre ella, y tienen un estudio de suelo similar frente a la Tesis: “Diseño del pavimento de un aeropuerto”, formulada por Delgado Egoávil, Fabiola y Quispe Villaverde, Candy (2012), quienes establecen como objetivo, ejecutar un pavimento rígido para una pista de aterrizaje en el distrito de Punta Hermosa – Lima, en la que también se han utilizado el método establecido por la autoridad aeronáutica americana F.A.A., y esto como el reflejo del aumento que tiene el uso aéreo como medio de transporte, considerando la ampliación en el aeropuerto Internacional Jorge Chávez, ellos consideran adecuado y todo el proceso de construcción correcto, para aliviar el tránsito de las aeronaves en el aterrizaje o despegue.

V. CONCLUSIONES

- 1) Se establece una dosificación correcta del agua/cemento, como el cuidadoso y buen curado en la obra de concreto, para alcanzar un rango elevado de resistencia a la compresión del concreto, adicional a estos resultados, considerar las mallas de ingeniería como el sistema dowel de barras longitudinales como transversales en las losas de concreto que conforman la pista de Pavimento Rígido, dentro de las dimensiones mínimas y máximas establecidas, por la aplicación de sobrecarga de fuerzas de impactos de aterrizaje, ya que cualquier transmisión de las cargas se efectuará de una manera uniforme en cada tramo, esto a su vez a modo de bloque no permite el hundimiento y mejora la resistencia a la flexión, y también contribuye a que no aparezca fisuras, adicional a la ya elevada resistencia a la flexión con que cuenta un diseño de los pavimentos rígidos, esto contribuirá de manera muy significativa el optimizar el espesor para una mejor resistencia, adicional a ello.
- 2) El espesor del pavimento rígido será acondicionado a su suelo de fundación, se puede optimizar su base para asegurar la estructura del pavimento que sea capaz de soportar altas cargas para aeronaves de mayor porte, en aeródromos para garantizar su elección de elegir un diseño de pavimentos que no es una tarea nada fácil, pues existen demasiadas posibilidades, en el cual se está considerando un número muy alto, considerable de movimientos de aeronaves al año, así como también el de alcanzar su mayor resistencia en cada uno de estos diseños, lo cual nos da una mejor referencia los resultados y la utilización de un Sistema Dowels en la construcción del pavimento rígido nos ayuda a prevenir o mitigar las fallas que se pueden producir de forma transversal por la aplicación de exceso o sobrecarga de las cargas pesada y/o vehículos, ya que cualquier transmisión de las cargas se efectuará de una manera uniforme en cada tramo, esto a su vez a modo de bloque no permite el hundimiento y mejora la resistencia a la flexión. Para el diseño de una aeropista y que utilice la norma F.A.A. se debe considerar de manera muy importante que los aspectos a tener mucho cuidado son: el espesor de sus capas los cuales no están calculadas en el programa pero que ya vienen

determinados, los resultados de la capacidad portante de su suelo, y las características de aeronaves que sean introducidos en el programa, en este caso será la aeronave Airbus A310.

- 3) El lugar asignado para la pista de aterrizaje cuenta con un alto coeficiente de drenaje, como el de clasificado de suelo EXCELENTE por la norma S.U.C.S. en el suelo de fundación o subrasante de la pista de aterrizaje de la Base Naval de Marcona, no será necesario el de compactar del material, no obstante, por cuestiones de optimizar su eficiencia y superar las pruebas de Control de Calidad se compactará por debajo de la subrasante a una profundidad de 12 pulgadas, para superar el 95% de densidad del terreno, este tipo de suelo aporta a un sistema de drenaje para cuidar el pavimento construido sobre ella, en la que también se han utilizado el método establecido por la autoridad aeronáutica americana F.A.A., y esto es como el reflejo del aumento que tiene el uso aéreo como medio de transporte.



Figura 84: Pista de aterrizaje en la Base Naval de San Juan de Marcona – 23 de abril del 2018
.Fuente: Tesista. Elaboración: Propia

VI. RECOMENDACIONES

- 1) Efectuar el curado de la obra de concreto, hasta su máximo valor (VEINTIOCHO días) para alcanzar un rango elevado de resistencia a la compresión del concreto, adicional a esto, respetar las dimensiones y dosificaciones del material utilizado en la elaboración del pavimento como también utilizar Sistema Dowels para optimizar, mitigar o prevenir las fallas que se puedan producir de forma transversal, en las losas de concreto que conforman la pista de Pavimento Rígido y conllevar las advertencias del Índice de la Condición de Pavimento Rígido en el aeropuerto, así como el nivel de severidad de cada uno de los factores de daño en vías con superficie del Pavimento Rígido, aplicando el método dispuesto por la Norma ASTM D6433-07, para evitar futuros bacheos por la acometidas en su operación, tomando precauciones de los espacios adecuados para este servicio o en las rehabilitaciones que se vayan a realizar, para que de esta manera se puedan evitar fracturas en las losas, lo que originan muchas veces a otros tipos de daños en el pavimento.

- 2) Acondicionar el espesor del pavimento rígido a su suelo de fundación, optimizar su base para asegurar que la estructura del pavimento sea capaz de soportar altas cargas para aeronaves de mayor porte, así como también la utilización de un Sistema Dowels tipo canastilla en cada losa que nos ayudará a prevenir o mitigar las fallas que se pueden producir de forma transversal por la aplicación de exceso o sobrecarga de las cargas pesada y/o vehículos, ya que cualquier transmisión de las cargas se efectuará de una manera uniforme en cada tramo, esto a su vez a modo de bloque no permite el hundimiento y mejora la resistencia a la flexión, para optimizar su espesor en cada uno de estos diseños. Se debe considerar de manera muy importante que para el diseño de una aeropista y que utilice la norma F.A.A., los aspectos a considerar con mucho cuidado son: el espesor de sus capas, los resultados de la capacidad portante de su suelo, y las características de aeronaves que sean introducidos en el programa.

- 3) No será necesario el de compactar del material, no obstante, por cuestiones de optimizar su eficiencia y superar las pruebas de Control de Calidad se debe de compactar por debajo de la subrasante a una profundidad de 12 pulgadas, para superar el 95% de densidad del terreno, considerar que también este tipo de suelo aporta a un sistema de drenaje para cuidar el pavimento construido sobre ella, en la que también se han utilizado el método establecido por la autoridad aeronáutica americana F.A.A.

VII. REFERENCIAS

1. ALCALÁ Briceño, Roxana y MORALES Puerta, José Mauricio. Efectos de la modulación de losas en las fallas transversales en pavimentos rígidos, caso de estudio: Vías principales Barrio Manga. Trabajo de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Colombia: Fondo Editorial, 2017. 125 pp.
2. AZAÑEDO, Winston, CHAVEZ, Helar, MUÑOZ, Winston. Diseño de mezcla de concreto poroso con agregados de la cantera La Victoria, cemento portland tipo I con adición de tiras de plástico, y su aplicación en pavimentos rígidos, en la ciudad de Cajamarca. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2010, 40pp.
3. BERNAL, César. Metodología de la Investigación. 3ra ed. Bogotá, Colombia: Prentice Hall, 2010, 322pp.
4. BUENAVENTURA Ingenieros S.A. “BISA” (2012). Modelamiento Geológico, Geotécnico y Cálculo de Recursos de Hierro de Pampa de Pongo. Región de Arequipa, Provincia de Caravelí, distrito de Bella Unión, Perú. Preparado para JINZHAO Mining Perú S.A. Documento sin publicar. Lima, Perú.
5. CALAMEO-INFRAESTRUCTURA. 03 de septiembre de 2017. [Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2017].
6. CAMPOS Lizarzaburu, William. Apuntes de Metodología de la Investigación. Lima: Magister S.A.C., 2010, 31pp.
7. CASTAÑEDA Gómez, Macías. Desarrollo de alternativa de diseño de estructura de pavimento de concreto hidráulico mediante el método mecanicista empírico en el Salvador. Trabajo de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil. El Salvador: San Marcos, 2015. 65pp.
8. CHEN, H., COOKE, D. R., and BAKER, M. J. Mesozoic Iron Oxide Copper-Gold Mineralization in the Central Andes and the Gondwana Supercontinent Breakup. *Economic Geology*, 2013, 108pp.
9. CONTRERAS, Marco Antonio. Definición del contexto estratigráfico, magmático y estructural del yacimiento Pampa de Pongo para construir el modelo Geológico y tectónico Bella Unión – Caravelí – Arequipa” Tesis (Grado de Ingeniero Geólogo). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014, 147pp.

10. DELGADO Egoávil, Fabiola y QUISPE Villaverde, Candy. Diseño del pavimento de un aeropuerto. Trabajo de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Lima: PUCP, 2012. 155 pp.
ISSN: 0027-8424
11. Empresa InterCement. (s.f.). *Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón: Estado del Arte y Algunas Recomendaciones*. [diapositivas de PowerPoint].
12. ESTRADA Manihuari, Bryan. Determinación y evaluación de las Patologías del concreto para obtener el Índice de integridad estructural y condición Operacional de la superficie de la pista en la Avenida Tupac Amaru, distrito de Manantay, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali- Abril 2016. Informe de Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Satipo - Perú: ULADECH, 2016. 164 pp.
13. Evaluation of mix designs and test procedures for pervious concrete for Arhin Stephen (et al). National academies of sciences [en línea]. Octubre 2014, n.o 12 (Fecha de consulta 21 de setiembre de 2017).
14. GARBER, George. Paving with pervious concrete. Kentucky: Schiffer Publishing, 2012. 128pp.
15. GEOLOGÍA DEL CUADRÁNGULO DE SAN JUAN, ACARÍ Y YAUCA 31-M, 31-N, 32-N - [BOLETÍN A 30]. Publicado por INGEMMET 2017. [Fecha de consulta: 08 de junio de 2018].
16. GONZALES, Wilmar, 2017, Recolección de datos. *Concepto de recolección de datos* [en línea]. 2017. [27 Mayo 2018].
17. HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos; y BAPTISTA Pilar. Metodología de la Investigación. 6ta ed. Colonia Desarrollo Santa Fe - México: Interamericana Editores, 2014, 634pp.
18. HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos; y BAPTISTA Pilar. Metodología de la Investigación. 3ra ed., Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A., 2013, 497pp.
19. INACAL. NTP 339.034:2015. Lima: Fondo Editorial, 2015. 54 pp.
20. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (2013). *Pavimentos de Concreto Hidráulico*. [diapositivas de PowerPoint].
21. Khazanovich, Lev. Dowel and Tie Bars in Concrete Pavement Joints: Theory and Practice. Diapositivas PPT. Minnesota: Universidad Minnesota, 2012, 70 pp.

22. LAMUS, Fabián y ANDRADE, Sofía. Concreto Reforzado: Fundamentos. Bogotá - Colombia: Ecoe Ediciones Ltda, 2015, 222 pp.
23. LANE, Bickenhill. Permeable concrete: Solución guide. Revista TARMAC, (11):3-30, 2010.
24. LOPEZ Alfonso, Raysa. Procedimiento Constructivo para la Elaboración, Construcción y Puesta en Servicio de pavimentos rígidos para carreteras con juntas sin refuerzo continuo. Trabajo de Diploma para optar el título de Ingeniero Civil. Cuba: ISP José Antonio Echeverría, 2010. 119pp.
25. LOPEZ Hidalgo, Luis. Determinación y evaluación de las patologías en el concreto de pavimentos rígidos, distrito San Juan Bautista provincia de Huamanga-Ayacucho. Trabajo de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Perú: SJB, 2014. 184 pp.
26. LOPEZ-PEDRAZA, Fernández, Juan. Aeropuertos. 3ra ed. España: Paraninfo, 1970. 114 pp.
27. MANUAL de carreteras (Perú). R.D. N° 10-2014 – MTC/14. Sección suelos y pavimentos. Lima: MTC, 2014. 300 pp.
28. MANUAL de Diseño de Aeródromos de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) – DOC 9157.
29. MANUAL de la Federal Aviation Administration (FAA): Advisory Circular AC N° 150/5320-6E Airport Pavement Design and Evaluation.
30. MENÉNDEZ, José. Ingeniería de Pavimentos. 3ra ed. Lima, Perú: ICG, 2012, 344pp.
31. MONTALVO Farfán, Marco. Diseño Estructural de Pavimentos Hidráulicos y Asfálticos. Lima: URP, 2015. 91 pp.
32. NEVES, Montero Anna. Concreto poroso: Dosagem e desempenho. Tesis (Grado de ingeniera civil). Goiás: Universidad Federal de Goiás, 2010, 36pp.
33. OACI Organización de Aviación Civil Internacional. Manual de Diseño y Operaciones de aeródromos – Volumen I. 4ta ed. Canadá: OACI, 2004. 240 pp.
34. Pavimentos [en línea]. Civilgeeks. 2013. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2018]. Disponible en: <http://Civilgeeks.com>
35. Planta de tratamiento Huachipa y Ramal Norte [en línea].
36. Regulaciones Aeronáuticas del Perú (RAP), Parte I (Definiciones y Abreviaturas), Parte 314 (Diseño y Operaciones de Aeródromos) y Parte 139 (Certificación de Aeródromos).

37. REVISTA Hidrocreto [en línea]. Canadá: SCC, 2010 [fecha de consulta: 27 de septiembre de 2017].
38. Suriya, Sam y Mudgal, Boris. Impact of urbanization on flooding: The thirusoolam sub watershed-A case study. Revista: Journal of Hidrology, V. (11):412-413, 2012.
39. THONE Miranda, Daniel. Desarrollo de un sistema constructivo de reparación de pavimentos de hormigón con losas prefabricadas. Trabajo de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Chile: UCH, 2012. 152, pp.
40. TRUJILLO, Alejandra, QUIROZ, Diana. Pavimentos porosos utilizados como sistemas alternativos al drenaje urbano. Tesis (Grado de ingeniería civil). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2013, 114pp.

Anexo I: Comprobante de pago por los ensayos de Laboratorio.



Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorios de ingeniería.

ATENCIÓN

SR. LEANDRO CESAR LOAYZA GUTIERREZ
FECHA 21.05.18

PRESUPUESTO:

FACT.:

Aprovecho la oportunidad de saludarlo y enviarle los documentos de densidad de campo In Situ.

RESUMEN DE PRUEBAS DE DENSIDAD DE CAMPO:

1.- DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA CONCRETO

CANT.	DESCRIPCIÓN	FECHA	DÍAS	PRECIO
3	ENSAYO DE CONCRETO	24.04.18	1	S/. 30.00
3	ENSAYO DE CONCRETO	26.04.18	3	S/. 30.00
3	ENSAYO DE CONCRETO	30.04.18	7	S/. 30.00
3	ENSAYO DE CONCRETO	21.05.18	28	S/. 30.00
			SUB-TOTAL	S/. 120.00

SUB TOTAL (GENERAL) S/. 120.00

LAB. TECNILAB S.A.C
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTO
JUAN C. ADANAQUE V.
GERENTE GENERAL

Mz. "C" Lt. 5 – Barrio 2 – Sector 1 - Urb. Pachacamac - Villa el Salvador
Nextel: 210*3012 / 210*2997 / Cel.: 943416251 – 287-1557
E-MAIL: VENTAS@TECNILAB.COM.PE / LABORATORIO_TECNILAB@HOTMAIL.COM

Anexo 2: Resultados Generales Ensayo de Compresión de las Probetas



Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorios de ingeniería

PROYECTO	DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DE MARCONA	F'c	280 kg/cm ²
SOLICITANTE	LEANDRO CESAR LOAYZA GUTIERREZ	ESTRUCTURA	PAVIMENTO RIGIDO DE LA PISTA DE ATERRIZAJE
UBICACIÓN	SAN JUAN DE MARCONA - PROVINCIA NAZCA - DEPARTAMENTO ICA	MUESTRA	PROBETAS BAJO CURADO EN LABORATORIO

PROBETAS Nº	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD - DÍAS	DIMENSIONES		ÁREA DE LA BRIQUETA (cm ²)	RESISTENCIA DEL DISEÑO (kg/cm ²)	LECTURA DE DIAL (kg-f)	RESISTENCIA DE CONCRETO (kg-f/cm ²)	PORCENTAJE DE RESISTENCIA
				DIÁMETRO	ALTURA					
T1	23/04/2018	24/04/2018	1	10,28	20,00	83,00	280	206,24	145	51,79%
T2	23/04/2018	24/04/2018	1	10,31	20,00	83,48	280	224,73	158	56,43%
T3	23/04/2018	24/04/2018	1	10,26	20,00	82,68	280	2133,6	150	53,57%
T4	23/04/2018	26/04/2018	3	10,00	20,00	78,54	280	496,40	349	124,64%
T5	23/04/2018	26/04/2018	3	10,22	20,00	82,03	280	537,64	378	135,00%
T6	23/04/2018	26/04/2018	3	10,00	20,00	78,54	280	5148,8	362	129,29%
T7	23/04/2018	30/04/2018	7	10,26	20,00	82,68	280	605,91	426	152,14%
T8	23/04/2018	30/04/2018	7	10,21	20,00	81,87	280	614,45	432	154,29%
T9	23/04/2018	30/04/2018	7	10,28	20,00	83,00	280	6087,6	428	152,86%
T10	23/04/2018	21/05/2018	28	10,00	20,00	78,54	280	668,50	470	167,86%
T11	23/04/2018	21/05/2018	28	10,00	20,00	78,54	280	665,65	468	167,14%
T12	23/04/2018	21/05/2018	28	10,21	20,00	81,87	280	6670,7	469	167,50%

LAB. TECNILAB S.A.C.
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO
ING. RUBÉN DE JESÚS FERRER
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL CIP: 98594

Mz. "C" Lt. 5 - Barrio 2 - Sector 1 - Urb. Pachacamac - Villa el Salvador

Nextel: 210*3012 / 210*2997 / Cel.: 943416251 - 287-1557

E-MAIL: VENTAS@TECNILAB.COM.PE / LABORATORIO.TECNILAB@HOTMAIL.COM

Anexo 3: Resultados Generales Ensayo de Compresión de las Probetas (1) día



Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorios de ingeniería.

(NORMA DE ENSAYO NTP 339.034 & ASTM – C 39)	
ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE PROBETAS STANDARD DE CONCRETO	
CERTIFICADO	
Nº 00385	
PROYECTO	UTILIZACION DE UN ELEMENTO PREFABRICADO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA, ICA 2018
DISTRITO	SAN JUAN DE MARCONA
PROVINCIA	NAZCA
DEPARTAMENTO	ICA
SOLICITANTE	LEANDRO CESAR LOAYZA GUTIERREZ
FECHA	24/04/2018
ESTRUCTURA	PAVIMENTO RIGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA
ENSAYO	ROTURA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO A LOS 1 DÍA.

Nº	CÓDIGO DE PROBETA	Identificación	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	f'c (kg/cm²)	Edad (Días)	(Slump)	Sección cm²	RESISTENCIA Kg/cm²
1	T-1	CONCRETO / R-1	23/04/2018	24/04/2018	280	1	6"	83	145
2	T-2	CONCRETO / R-1	23/04/2018	24/04/2018	280	1	6"	83	158
3	T-3	CONCRETO / R-1	23/04/2018	24/04/2018	280	1	6"	83	150

Observaciones:

Probetas bajo curado en Laboratorio, Muestreo realizado en las siguientes direcciones

LAB. TECNILAB S.A.C.
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO
GUIDO RUBEN BENIGNO PEBE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL CIP: 98594

Mz. "C" Lt. 5 – Barrio 2 – Sector 1 - Urb. Pachacamac - Villa el Salvador
Nextel: 210*3012 / 210*2997 / Cel.: 943416251 – 287-1557
E-MAIL: VENTAS@TECNILAB.COM.PE / LABORATORIO_TECNILAB@HOTMAIL.COM

Anexo 4: Resultados Generales Ensayo de Compresión de las Probetas (3) días



Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorios de Ingeniería.

(NORMA DE ENSAYO NTP 339.034 & ASTM – C 39)	
ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE PROBETAS STANDARD DE CONCRETO	
CERTIFICADO	
Nº 00386	
PROYECTO	UTILIZACIÓN DE UN ELEMENTO PREFABRICADO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA, ICA 2018
DISTRITO	SAN JUAN DE MARCONA
PROVINCIA	NAZCA
DEPARTAMENTO	ICA
SOLICITANTE	LEANDRO CESAR LOAYZA GUTIERREZ
FECHA	26/04/2018
ESTRUCTURA	PAVIMENTO RIGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA
ENSAYO	ROTURA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO A LOS 3 DÍAS.

Nº	CÓDIGO DE PROBETA	Identificación	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	f'c (kg/cm²)	Edad (Días)	(Slump)	Sección cm²	RESISTENCIA Kg/cm²
1	T-4	CONCRETO / R-3	23/04/2018	26/04/2018	280	3	6"	79	349
2	T-5	CONCRETO / R-3	23/04/2018	26/04/2018	280	3	6"	82	378
3	T-6	CONCRETO / R-3	23/04/2018	26/04/2018	280	3	6"	79	362

Observaciones:

Probetas bajo curado en Laboratorio, Muestreo realizado en las siguientes direcciones

LAB. TECNILAB S.A.C.
SUELO - CONCRETO - ASFALTO
GUIDO RUBEN BENIGNO PEBE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL CIP: 98594

Mz. "C" Lt. 5 – Barrio 2 – Sector 1 - Urb. Pachacamac - Villa el Salvador
Nextel: 210*3012 / 210*2997 / Cel.: 943416251 – 287-1557
E-MAIL: VENTAS@TECNILAB.COM.PE / LABORATORIO_TECNILAB@HOTMAIL.COM

Anexo 5: Resultados Generales Ensayo de Compresión de las Probetas (7) días



Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorios de ingeniería.

(NORMA DE ENSAYO NTP 339.034 & ASTM – C 39)	
ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE PROBETAS STANDARD DE CONCRETO	
CERTIFICADO	
Nº 00387	
PROYECTO	UTILIZACION DE UN ELEMENTO PREFABRICADO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA, ICA 2018
DISTRITO	SAN JUAN DE MARCONA
PROVINCIA	NAZCA
DEPARTAMENTO	ICA
SOLICITANTE	LEANDRO CESAR LOAYZA GUTIERREZ
FECHA	30/04/2018
ESTRUCTURA	PAVIMENTO RIGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA
ENSAYO	ROTURA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO A LOS 7 DÍAS.

Nº	CÓDIGO DE PROBETA	Identificación	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	f'c (kg/cm²)	Edad (Días)	(Slump)	Sección cm²	RESISTENCIA Kg/cm²
1	T7	CONCRETO / R-7	23/04/2018	30/04/2018	280	7	6"	83	426
2	T8	CONCRETO / R-7	23/04/2018	30/04/2018	280	7	6"	82	432
3	T9	CONCRETO / R-7	23/04/2018	30/04/2018	280	7	6"	83	428

Observaciones:

Probetas bajo curado en Laboratorio, Muestreo realizado en las siguientes direcciones

LAB. TECNILAB S.A.C.
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO
GUILLERMO RUBEN BENIGNO PEBE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL CIP: 98594

Mz. "C" Lt. 5 – Barrio 2 – Sector 1 - Urb. Pachacamac - Villa el Salvador
Nextel: 210*3012 / 210*2997 / Cel.: 943416251 – 287-1557
E-MAIL: VENTAS@TECNILAB.COM.PE. / LABORATORIO_TECNILAB@HOTMAIL.COM

Anexo 6: Resultados Generales Ensayo de Compresión de las Probetas (28) días



Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorios de ingeniería.

(NORMA DE ENSAYO NTP 339.034 & ASTM – C 39)	
ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE PROBETAS STANDARD DE CONCRETO	
CERTIFICADO	
N° 00388	
PROYECTO	UTILIZACION DE UN ELEMENTO PREFABRICADO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA, ICA 2018
DISTRITO	SAN JUAN DE MARCONA
PROVINCIA	NAZCA
DEPARTAMENTO	ICA
SOLICITANTE	LEANDRO CESAR LOAYZA GUTIERREZ
FECHA	21/05/2018
ESTRUCTURA	PAVIMENTO RIGIDO EN LA PISTA DEL AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA
ENSAYO	ROTURA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO A LOS 28 DÍAS.

N°	CÓDIGO DE PROBETA	Identificación	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	f'c (kg/cm²)	Edad (Días)	(Slump)	Sección cm²	RESISTENCIA Kg/cm²
1	T10	CONCRETO / R-28	23/04/2018	21/05/2018	280	28	6"	79	470
2	T11	CONCRETO / R-28	23/04/2018	21/05/2018	280	28	6"	79	468
3	T12	CONCRETO / R-28	23/04/2018	21/05/2018	280	28	6"	82	469

Observaciones:

Probetas bajo curado en Laboratorio, Muestreo realizado en las siguientes direcciones

LAB. TECNILAB S.A.C.
SUELO - CONCRETO - ASFALTO
GUIDO RUBEN BENIGNO PEBE
JEFE DE LABORATORIO
ING. CIVIL CIP: 98594

Mz. "C" Lt. 5 – Barrio 2 – Sector 1 - Urb. Pachacamac - Villa el Salvador
Nextel: 210*3012 / 210*2997 / Cel.: 943416251 – 287-1557
E-MAIL: VENTAS@TECNILAB.COM.PE / LABORATORIO_TECNILAB@HOTMAIL.COM

Universidad Nacional Federico Villarreal

Facultad de Ingeniería Civil

"Año de la Consolidación del Mar de Grau"

**DIRECCION DE PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
RECEPCION DE MATERIALES**

EXP. N° **024 - 2018**

ION **Leandro Cesar Loayza Gutierrez**
to **Utilización de un elemento prefabricado en el diseño de pavimento tipo II, sobre la pista del aeródromo de la base naval del Dst. de San Juan de Marcona, Ica 2018.**
ION **SAN JUAN DE MARCONA - PROVINCIA NAZCA - DPTO ICA**

GADO: **L. C. L. G.** TELEFONO: **9**
0865148 FIRMA: CORRO: **alfaleo200678@gmail.com**

IDENTIFICACION DE MATERIALES	
5	Suelo Grueso (C-1)
6	Suelo grueso (C-2)
9	Suelo grueso (C-3)

ENSAYOS DE LABORATORIOS	Costo Uni	COSTO	BCO. DE COMERCIO
analisis Granulométrico (3)	\$ 40.00	\$ 120.00	80426
Limite consistencia (3)	\$ 40.00	\$ 120.00	80430
clasificación Suelos (3)	\$ 15.00	\$ 45.00	80470
		\$ 285.00	

A QUE RECEPCIONA: **Tec. Freddy Villanueva Osorio** FECHA: **08/05/18**
FIRMA:

ACCIONES: **Requiere Boleto:**
Leandro Cesar Loayza Gutierrez
Pasaje José Olave 562 - Urb. Los Angeles - Rimac

Anexo 8: Certificado de Calibración de la Prensa de Concreto

METROTEC METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Servicio de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industrial y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 117 - 2017

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerzas

Página 1 de 2

1. Expediente	17255	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no es responsable de los perjuicios que puede ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
2. Solicitante	INDUSTRIAS ULMEN S.A.	
3. Dirección	Cal. Mz. C-1 Lt. 2-F Coo. Las Vertientes Villa El Salvador - Lima - LIMA.	
4. Equipo	PRESA DE CONCRETO	
Capacidad	2000 kN	
Marca	ASA INSTRUMENTS	
Modelo	STVE - 2000	
Número de Serie	150719	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Marca	IM-02	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	0.01 / 0.1 kN (*)	
Resultados		
Ubicación	LABORATORIO DE HORMIGÓN	
5. Fecha de Calibración	2017-05-17	
Fecha de Emisión	2017-05-18	
Jefe del Laboratorio de Metrología		
Sello		

MANUEL GUSMÁN NORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Almagro No. 271 San Diego de Almagro - LIMA - PERÚ
Telf: (011) 439 272 - 439 282
Fax: (011) 439 272 - 439 282
E-mail: metrologia@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

METROTEC METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.
Servicio de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industrial y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 117 - 2017

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerzas

Página 2 de 2

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE HORMIGÓN
Cal. Mz. C-1 Lt. 2-F Coo. Las Vertientes Villa El Salvador - Lima - LIMA.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	24,2 °C	25,0 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

9. Patrones de referencia

Tratamiento	Patron utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrada a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-473-16A

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.
- (*) La resolución del indicador es 0,01 kN para lecturas menores a 1000 kN y 0,1 kN para lecturas fuera de este rango.

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Almagro No. 271 San Diego de Almagro - LIMA - PERÚ
Telf: (011) 439 272 - 439 282
Fax: (011) 439 272 - 439 282
E-mail: metrologia@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

MANUEL GUSMÁN NORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
LABORATORIO
PERÚ

E-mail: metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

Anexo 8: Comprobante de pago por los ensayos de Laboratorio de Suelos.

BANCO DE COMERCIO RUC.20509507199
REF. : -6e8fb5bda1633f212361a-7b87
COD. TRANS. 03-6011

08/05/2018 09:20:16 004:Faucett 0000 A6330965
F.VCTO: 08/05/2018 LIQUIDACION 3109201646
COBRANZA POR ENCARGO DE : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO
SERVICIO:UNFU PUBLICO TASAS RECIBO:4 CARGADO
D.N.I. 43794600 LOAYZA GUTIERREZ LEANDRO C

E
CONCEPTO IMPORTE

CERTIF.ANALISIS GRANULOMETRICO S/40.00
COMISION CL S/1.00

----- (Cod.Tasa:80426) -----
TOTAL COBRADO (Cantidad:1) S/41.00

IVO

EL PRESENTE DOCUMENTO NO REQUIERE SER REFRENDADO NI
SELLADO POR EL CAJERO, POR SER EMITIDO EN FORMA
AUTOMATICA POR EL SISTEMA DEL BANCO

USUARIO:CCUNEO TERMINALCAJA5FAUC

BANCO DE COMERCIO RUC.20509507199
REF. : -6e8fb5bda1633f212361a-7a69
COD. TRANS. 03-6011

08/05/2018 09:26:36 004:Faucett 0000 A6330965
F.VCTO: 08/05/2018 LIQUIDACION 3109263710
COBRANZA POR ENCARGO DE : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO
SERVICIO:UNFU PUBLICO TASAS RECIBO:9 CARGADO
D.N.I. 43794600 LOAYZA GUTIERREZ LEANDRO C

E
CONCEPTO IMPORTE

CERTIFICACION DE CLASIFICACION S/15.00
COMISION CL S/1.00

----- (Cod.Tasa:80470) -----
TOTAL COBRADO (Cantidad:1) S/16.00

EFFECTIVO

EL PRESENTE DOCUMENTO NO REQUIERE SER REFRENDADO NI
SELLADO POR EL CAJERO, POR SER EMITIDO EN FORMA
AUTOMATICA POR EL SISTEMA DEL BANCO

USUARIO:CCUNEO TERMINALCAJA5FAUC

BANCO DE COMERCIO RUC.20509507199
REF. : -6e8fb5bda1633f212361a-7a90
COD. TRANS. 03-6011

08/05/2018 09:25:31 004:Faucett 0000 A6330965
F.VCTO: 08/05/2018 LIQUIDACION 3109253147
COBRANZA POR ENCARGO DE : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO
SERVICIO:UNFU PUBLICO TASAS RECIBO:6 CARGADO
D.N.I. 43794600 LOAYZA GUTIERREZ LEANDRO C

E
CONCEPTO IMPORTE

CERTIF.CONSISTENCIA (LIMITE LI S/40.00
COMISION CL S/1.00

----- (Cod.Tasa:80430) -----
TOTAL COBRADO (Cantidad:1) S/41.00

EFFECTIVO

EL PRESENTE DOCUMENTO NO REQUIERE SER REFRENDADO NI
SELLADO POR EL CAJERO, POR SER EMITIDO EN FORMA
AUTOMATICA POR EL SISTEMA DEL BANCO

USUARIO:CCUNEO TERMINALCAJA5FAUC

Anexo 9: Comprobante de pago por los ensayos de Laboratorio de Suelos.

<p>BANCO DE COMERCIO RUC.20509507199 REF. : -6e8fb5bda1633f212361a-7a7a COD. TRANS. 03-6011</p> <p>08/05/2018 09:26:08 004:Faucett 0000 AG330965 F.VCTO: 08/05/2018 LIQUIDACION 3109260921 COBRANZA POR ENCARGO DE : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO SERVICIO:UNFU PUBLICO TASAS RECIBO:8 CARGADO D.N.I. 43794600 LOAYZA GUTIERREZ LEANDRO C E</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">CONCEPTO</td> <td style="width: 40%;">IMPORTE</td> </tr> <tr> <td>CERTIFICACION DE CLASIFICACION</td> <td>S/15.00</td> </tr> <tr> <td>COMISION CL</td> <td>S/1.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">----- (Cod.Tasa:80470) -----</td> </tr> <tr> <td>TOTAL COBRADO (Cantidad:1)</td> <td>S/16.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">EFFECTIVO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">EL PRESENTE DOCUMENTO NO REQUIERE SER REFRENDADO NI SELLADO POR EL CAJERO, POR SER EMITIDO EN FORMA AUTOMATICA POR EL SISTEMA DEL BANCO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">-----</td> </tr> <tr> <td>USUARIO:CCUNEO</td> <td>TERMINALCAJA5FAUC</td> </tr> </table>	CONCEPTO	IMPORTE	CERTIFICACION DE CLASIFICACION	S/15.00	COMISION CL	S/1.00	----- (Cod.Tasa:80470) -----		TOTAL COBRADO (Cantidad:1)	S/16.00	EFFECTIVO		EL PRESENTE DOCUMENTO NO REQUIERE SER REFRENDADO NI SELLADO POR EL CAJERO, POR SER EMITIDO EN FORMA AUTOMATICA POR EL SISTEMA DEL BANCO		-----		USUARIO:CCUNEO	TERMINALCAJA5FAUC	<p>BANCO DE COMERCIO RUC.20509507199 REF. : -6e8fb5bda1633f212361a-7c40 COD. TRANS. 03-6011</p> <p>08/05/2018 09:18:04 004:Faucett 0000 AG330965 F.VCTO: 08/05/2018 LIQUIDACION 3109180485 COBRANZA POR ENCARGO DE : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO SERVICIO:UNFU PUBLICO TASAS RECIBO:8 CARGADO D.N.I. 43794600 LOAYZA GUTIERREZ LEANDRO C E</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">CONCEPTO</td> <td style="width: 40%;">IMPORTE</td> </tr> <tr> <td>CERTIF. ANALISIS GRANULOMETRICO</td> <td>S/40.00</td> </tr> <tr> <td>COMISION CL</td> <td>S/1.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">----- (Cod.Tasa:80426) -----</td> </tr> <tr> <td>TOTAL COBRADO (Cantidad:1)</td> <td>S/41.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2">EFFECTIVO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">EL PRESENTE DOCUMENTO NO REQUIERE SER REFRENDADO NI SELLADO POR EL CAJERO, POR SER EMITIDO EN FORMA AUTOMATICA POR EL SISTEMA DEL BANCO</td> </tr> <tr> <td colspan="2">-----</td> </tr> <tr> <td>USUARIO:CCUNEO</td> <td>TERMINALCAJA5FAUC</td> </tr> </table>	CONCEPTO	IMPORTE	CERTIF. ANALISIS GRANULOMETRICO	S/40.00	COMISION CL	S/1.00	----- (Cod.Tasa:80426) -----		TOTAL COBRADO (Cantidad:1)	S/41.00	EFFECTIVO		EL PRESENTE DOCUMENTO NO REQUIERE SER REFRENDADO NI SELLADO POR EL CAJERO, POR SER EMITIDO EN FORMA AUTOMATICA POR EL SISTEMA DEL BANCO		-----		USUARIO:CCUNEO	TERMINALCAJA5FAUC
CONCEPTO	IMPORTE																																				
CERTIFICACION DE CLASIFICACION	S/15.00																																				
COMISION CL	S/1.00																																				
----- (Cod.Tasa:80470) -----																																					
TOTAL COBRADO (Cantidad:1)	S/16.00																																				
EFFECTIVO																																					
EL PRESENTE DOCUMENTO NO REQUIERE SER REFRENDADO NI SELLADO POR EL CAJERO, POR SER EMITIDO EN FORMA AUTOMATICA POR EL SISTEMA DEL BANCO																																					

USUARIO:CCUNEO	TERMINALCAJA5FAUC																																				
CONCEPTO	IMPORTE																																				
CERTIF. ANALISIS GRANULOMETRICO	S/40.00																																				
COMISION CL	S/1.00																																				
----- (Cod.Tasa:80426) -----																																					
TOTAL COBRADO (Cantidad:1)	S/41.00																																				
EFFECTIVO																																					
EL PRESENTE DOCUMENTO NO REQUIERE SER REFRENDADO NI SELLADO POR EL CAJERO, POR SER EMITIDO EN FORMA AUTOMATICA POR EL SISTEMA DEL BANCO																																					

USUARIO:CCUNEO	TERMINALCAJA5FAUC																																				

Anexo 10: Comprobante de pago por los ensayos de Laboratorio de Suelos.

BANCO DE COMERCIO RUC.20509507199		BANCO DE COMERCIO RUC.20509507199	
REF. : -6e8fb5bda1633f212361a-7c30		REF. : -6e8fb5bda1633f212361a-7bb3	
COD. TRANS. 03-6011		COD. TRANS. 03-6011	

08/05/2018 09:18:29 004:Faucett		08/05/2018 09:19:55 004:Faucett	
0000 A6330965		0000 A6330965	
F.VCTO: 08/05/2018 LIQUIDACION 3109182930		F.VCTO: 08/05/2018 LIQUIDACION 3109195542	
COBRANZA POR ENCARGO DE : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO		COBRANZA POR ENCARGO DE : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO	
SERVICIO:UNFU PUBLICO TASAS RECIBO:1 CARGADO		SERVICIO:UNFU PUBLICO TASAS RECIBO:3 CARGADO	
D.N.I. 43794600 LOAYZA GUTIERREZ LEANDRO C		D.N.I. 43794600 LOAYZA GUTIERREZ LEANDRO C	
E		E	
CONCEPTO	IMPORTE	CONCEPTO	IMPORTE

CERTIF.CONSISTENCIA (LIMITE LI	S/40.00	CERTIF.ANALISIS GRANULOMETRICO	S/40.00
COMISION CL	S/1.00	COMISION CL	S/1.00
----- (Cod.Tasa:80430) -----		----- (Cod.Tasa:80426) -----	
TOTAL COBRADO (Cantidad:1)	S/41.00	TOTAL COBRADO (Cantidad:1)	S/41.00
EFFECTIVO		EFFECTIVO	
EL PRESENTE DOCUMENTO NO REQUIERE SER REFRENDADO NI SELLADO POR EL CAJERO, POR SER EMITIDO EN FORMA AUTOMATICA POR EL SISTEMA DEL BANCO		EL PRESENTE DOCUMENTO NO REQUIERE SER REFRENDADO NI SELLADO POR EL CAJERO, POR SER EMITIDO EN FORMA AUTOMATICA POR EL SISTEMA DEL BANCO	
-----		-----	
USUARIO:CCUNE0	TERMINALCAJASFAUC	USUARIO:CCUNE0	TERMINALCAJASFAUC

BANCO DE COMERCIO RUC.20509507199	
REF. : -6e8fb5bda1633f212361a-7c0d	
COD. TRANS. 03-6011	

08/05/2018 09:19:02 004:Faucett	
0000 A6330965	
F.VCTO: 08/05/2018 LIQUIDACION 3109190258	
COBRANZA POR ENCARGO DE : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO	
SERVICIO:UNFU PUBLICO TASAS RECIBO:2 CARGADO	
D.N.I. 43794600 LOAYZA GUTIERREZ LEANDRO C	
E	
CONCEPTO	IMPORTE

CERTIFICACION DE CLASIFICACION	S/15.00
COMISION CL	S/1.00
----- (Cod.Tasa:80470) -----	
TOTAL COBRADO (Cantidad:1)	S/16.00
EFFECTIVO	
EL PRESENTE DOCUMENTO NO REQUIERE SER REFRENDADO NI SELLADO POR EL CAJERO, POR SER EMITIDO EN FORMA AUTOMATICA POR EL SISTEMA DEL BANCO	

USUARIO:CCUNE0	TERMINALCAJASFAUC

Anexo 11: Certificado de Calibración de Balanza 1.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCB-207-2015

Peticionario : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Atención : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Lugar de calibración : Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos - Jr. Yungay N° 206
Magdalena del Mar - Lima

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático

Marca : OHAUS Clase : III

Número de serie : 7129030317 Tipo : Electrónica

Código UNFV : 045053 Procedencia : China

Capacidad máxima : 6000 g Modelo : SPJ 6001

División de escala (d) : 0,1 g

División de verificación (e) : 1,0 g

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no
automático clase III y clase IIII - PC 001 - Indecopi - tercera edición

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 24,0 °C / 85%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 23,9 °C / 85%

Patrones de referencia : Trazabilidad INDECOPI , 01 jgo. de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 g
a 500g con certificado de calib. N° LM-C-507-2014, 01 pesas Mettler Toledo
clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calib. N° LM-C-497-2014, 02 pesas
Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificados de calib. N° LM-1007-2014,
LM-1008-2014, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 5 kg con certificado de
calib. N° LM-1011-2014.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2015-12-23

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2015-12-28	 Vladimir Teilo Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMÍREZ JAPALA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 34286

CCB-207-2015

Página 1 de 3

Av. Brasil 1361 Int. 602 - Jesús María - Lima Telf: (01)4371145 - 3322711 web: www.celdaairl.com email: celda@celdaairl.com

Anexo 12: Certificado de Calibración de Balanza 2.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCB-206-2015

Peticionario : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Atención : UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Lugar de calibración : Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos - Jr. Yungay N° 206
Magdalena del Mar - Lima

Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático

Marca : ACS WEIGHT Clase : III

Número de serie : 141250 Tipo : Electrónica

Código UNFV : 143137 Procedencia : China

Capacidad máxima : 30000 g Modelo : ACS30A

División de escala (d) : 1 g

División de verificación (e) : 10 g

Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII - PC 001 - Indecopi - tercera edición

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 23,9 °C / 85%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 23,8 °C / 86%

Patrones de referencia : Trazabilidad INDECOPI, 01 jgo. de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 g a 500g con certificado de calib. N° LM-C-507-2014, 01 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calib. N° LM-C-497-2014, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificados de calib. N° LM-1007-2014, LM-1008-2014, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calib. N° LM-1011-2014 y 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 10 Kg con certificados de calibración N° LM-1010-2014 y LM-1009-2014.

Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2015-12-23

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2015-12-28	 Vladimir Toledo Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 Jorge Francisco Ramirez Japaja INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CCB-206-2015

Página 1 de 3

Anexo 13: Certificado de ensayo de Laboratorio de Suelos – Calicata 1.



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Facultad De Ingeniería Civil



"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

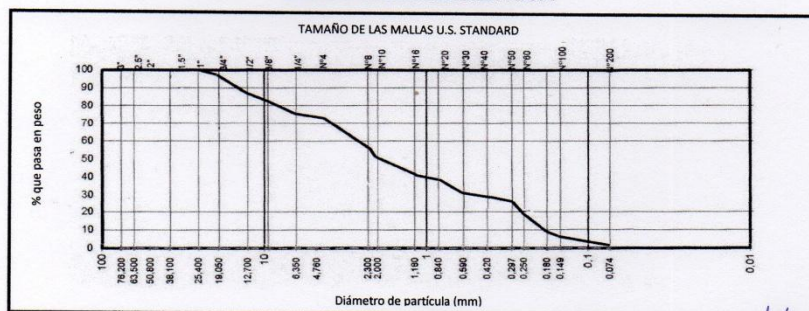
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D 422**

INFORME : 001-EXP. 024-LMS 2018
PROYECTO : UTILIZACIÓN DE UN ELEMENTO PREFABRICADO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PISTA DEL
AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA, ICA 2018
UBICACIÓN : SAN JUAN DE MARCONA - PROVINCIA NAZCA - DEPARTAMENTO ICA
SOLICITANTE : LEANDRO CESAR LOAYZA GUTIERREZ
FECHA : MARTES, 15 DE MAYO DEL 2018

Calicata: C-1		Muestra: M-1	Prof.: 1.80 m	Progresiva: Km 0+820	
Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	Peso Retenido	% Retenido parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa
76.2	3"				
63.5	2 1/2"				
50.8	2"				
38.1	1 1/2"				
25.4	1"				
19	3/4"	193.8	3.0	3.0	100.0
12.7	1/2"	646.0	10.0	13.0	97.0
9.525	3/8"	258.4	4.0	17.0	87.0
6.35	1/4"	387.6	6.0	23.0	83.0
4.76	Nº4	387.6	6.0	29.0	77.0
2.38	Nº8	1162.8	18.0	47.0	71.0
2	Nº10	258.4	4.0	51.0	53.0
1.18	Nº16	710.6	11.0	62.0	49.0
0.84	Nº20	258.4	4.0	66.0	38.0
0.59	Nº30	258.4	4.0	70.0	34.0
0.42	Nº40	193.8	3.0	73.0	30.0
0.297	Nº50	193.8	3.0	76.0	27.0
0.25	Nº60	387.6	6.0	82.0	24.0
0.18	Nº80	646.0	10.0	92.0	18.0
0.149	Nº100	193.8	3.0	95.0	5.0
0.074	Nº200	193.8	3.0	98.0	2.0
	<Nº200	129.2	2.0	100.0	0.0
	Peso inicial	6460.0	100.0		

CLASIFICACIÓN DE SUELOS:
AASHTO= A-1-a (0)
SUCS = SP
COEFICIENTES
Cc=1.55
Cu=16.79
LÍMITES ATTEMBERG
L.L.= N.P
L.P.= N.P
I.P.= N.P
%H.N= 0.90
Observaciones:
-Arena mal graduada (SP) cuyo valor de soporte es de 17% al 95% MDS.

CURVA GRANULOMÉTRICA



NOTA: LAS MUESTRA FUERON TRAIAS POR EL SOLICITANTE A ESTE LABORATORIO

OPERADOR: TEC. FREDY VILLANUEVA OSORIO

FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV
Laboratorio de Mecánica de Suelos
COORDINADOR

Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N° 206 –Magdalena del Mar-Lima
Central –Teléfono 7480888-anexo 9719-9727 Teléfono Fax 2638046
Correo Institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe

Anexo 14: Certificado de ensayo de Laboratorio de Suelos – Calicata 2.



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Facultad De Ingeniería Civil



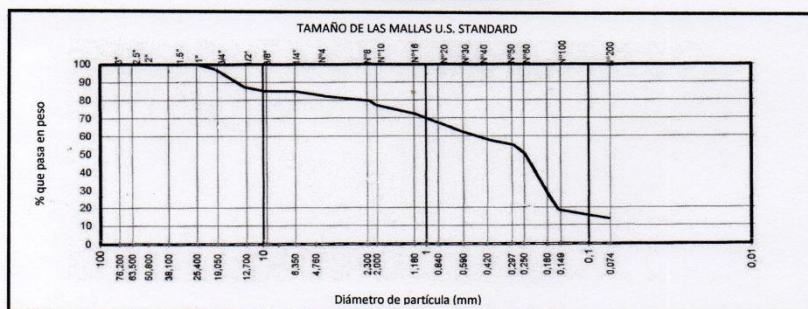
"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D 422

INFORME : 002-EXP. 024-LMS 2018
PROYECTO : UTILIZACIÓN DE UN ELEMENTO PREFABRICADO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PISTA DEL
AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA, ICA 2018
UBICACIÓN : SAN JUAN DE MARCONA - PROVINCIA NAZCA - DEPARTAMENTO ICA
SOLICITANTE : LEANDRO CESAR LOAYZA GUTIERREZ
FECHA : MARTES, 15 DE MAYO DEL 2018

Calicata: C-2		Muestra: M-2		Prof.: 1.80 m		Progresiva: Km 1+500
Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	Peso Retenido	% Retenido parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Descripción de la muestra
76.2	3"					CLASIFICACIÓN DE SUELOS: AASHTO= A-2-4 (0) SUCS = SM
63.5	2 1/2"					
50.6	2"					
38.1	1 1/2"					
25.4	1"				100.0	
19	3/4"	375.0	5.0	5.0	95.0	COEFICIENTES Cc=1.38 Cu=8.13 LÍMITES ATTEMBERG L.L.= 16.0 L.P.= N.P I.P.= N.P
12.7	1/2"	449.9	6.0	11.0	89.0	
9.525	3/8"	75.0	1.0	12.0	88.0	
6.35	1/4"	0.0	0.0	12.0	88.0	
4.76	Nº4	0.0	0.0	12.0	88.0	
2.38	Nº8	599.9	8.0	20.0	80.0	%H.N= 0.90
2	Nº10	150.0	2.0	22.0	78.0	
1.18	Nº16	524.9	7.0	29.0	71.0	
0.84	Nº20	300.0	0.0	33.0	67.0	
0.59	Nº30	300.0	0.0	37.0	63.0	
0.42	Nº40	300.0	0.0	41.0	59.0	Observaciones: -Arena gruesa mal graduada (SM) cuyo valor de soporte es de 17% al 95% MDS.
0.297	Nº50	300.0	0.0	45.0	55.0	
0.25	Nº60	599.9	8.0	53.0	47.0	
0.18	Nº80	1499.8	20.0	73.0	27.0	
0.149	Nº100	599.9	8.0	81.0	19.0	
0.074	Nº200	449.9	6.0	87.0	13.0	
	<Nº200	974.9	13.0	100.0	0.0	
	Peso inicial	7499.0	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



NOTA: LAS MUESTRA FUERON TRAIIDAS POR EL SOLICITANTE A ESTE LABORATORIO

OPERADOR: TEC. FREDY VILLANUEVA OSORIO

FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV
Laboratorio de Mecánica de Suelos
COORDINADOR

Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N° 206 –Magdalena del Mar-Lima
Central –Teléfono 7480888-anexo 9719-9727 Teléfono Fax 2638046
Correo Institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe

Anexo 15: Certificado de ensayo de Laboratorio de Suelos – Calicata 3.



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Facultad De Ingeniería Civil



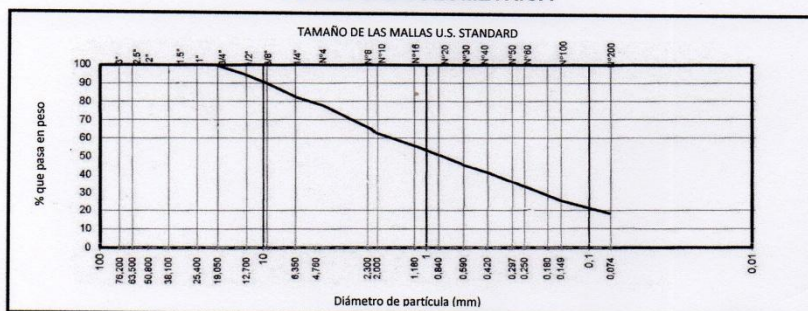
"Año del Diálogo y Reconciliación Nacional"
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D 422**

INFORME : 003- EXP. 024-LMS 2018
PROYECTO : UTILIZACION DE UN ELEMENTO PREFABRICADO EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PISTA DEL
AERÓDROMO DE LA BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA, ICA 2018
UBICACIÓN : SAN JUAN DE MARCONA - PROVINCIA NAZCA - DEPARTAMENTO ICA
SOLICITANTE : LEANDRO CESAR LOAYZA GUTIERREZ
FECHA : MARTES, 15 DE MAYO DEL 2018

Calicata: C-3		Muestra: M-3	Prof.: 1.80 m	Progresiva: Km 1+800		
Diámetros (mm)	TAMICES ASTM	Peso Retenido	% Retenido parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Descripción de la muestra
76.2	3"					CLASIFICACIÓN DE SUELOS: AASHTO= A-1-b (0) SUCS = SM COEFICIENTES Cc=0,08 Cu=7,0 LÍMITES ATTERBERG L.L.= 17,0 L.P.= N.P I.P.= N.P %H.N= 1,73 Observaciones: -Arena gruesa mal graduada (SM) cuyo valor de soporte es de 17% al 95% MDS.
63.5	2 1/2"					
50.8	2"					
38.1	1 1/2"					
25.4	1"					
19	3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0	
12.7	1/2"	409.2	6.0	6.0	100.0	
9.525	3/8"	272.8	4.0	10.0	90.0	
6.35	1/4"	545.6	8.0	18.0	82.0	
4.76	Nº4	341.0	5.0	23.0	77.0	
2.38	Nº8	750.1	11.0	34.0	66.0	
2	Nº10	204.6	3.0	37.0	63.0	
1.18	Nº16	613.8	9.0	46.0	54.0	
0.84	Nº20	272.8	4.0	50.0	50.0	
0.59	Nº30	341.0	5.0	55.0	45.0	
0.42	Nº40	341.0	5.0	60.0	40.0	
0.297	Nº50	204.6	3.0	63.0	37.0	
0.25	Nº60	68.2	1.0	64.0	36.0	
0.18	Nº80	409.2	6.0	70.0	30.0	
0.149	Nº100	272.8	4.0	74.0	26.0	
0.074	Nº200	545.6	8.0	82.0	18.0	
	Peso inicial	1227.5	18.0	100.0	0.0	
		6819.5	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



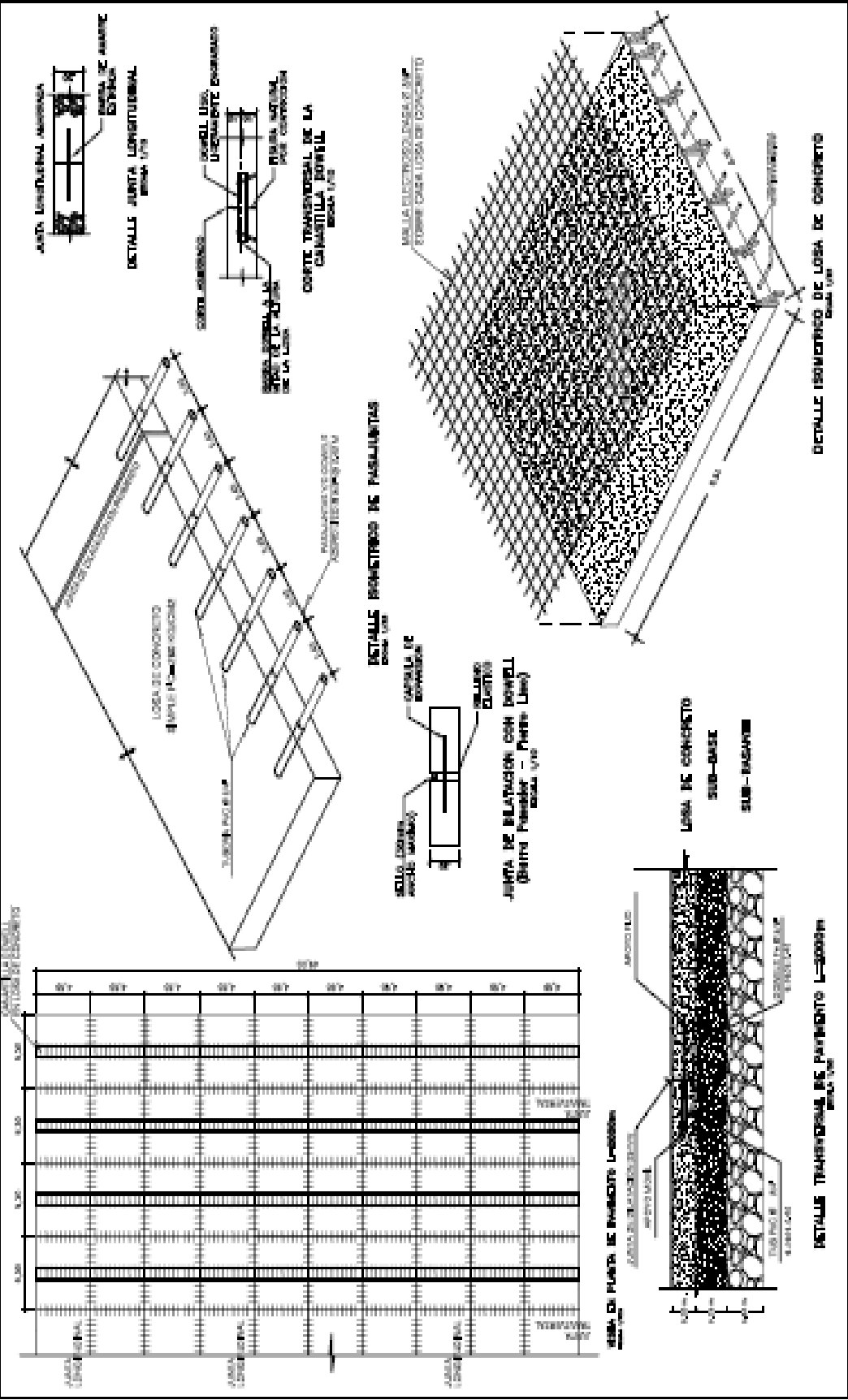
NOTA: LAS MUESTRA FUERON TRAIAS POR EL SOLICITANTE A ESTE LABORATORIO

OPERADOR: TEC. FREDY VILLANUEVA OSORIO

FACULTAD DE ING. CIVIL - UNFV
Laboratorio de Mecánica de Suelos
COORDINADOR

Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N° 206 –Magdalena del Mar-Lima
Central –Teléfono 7480888-anexo 9719-9727 Teléfono Fax 2638046
Correo Institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe

Anexo 16: Plano detallado del Diseño del Pavimento Rígido.

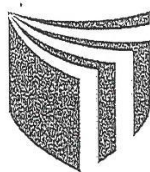


Anexo 17: Matriz de Consistencia del Proyecto de Investigación

Título: Utilización de un Elemento Prefabricado en el diseño del pavimento rígido en la pista del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2017.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable 1 (Independiente): Utilización del Utilización del elemento prefabricado.						
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos a usar para medir la D (laboratorio)		
¿De qué manera el diseño de un pavimento rígido optimizará la pista de aterrizaje en el aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2018?	Aplicar los procedimientos normados en la elaboración del proyecto, y utilizar un elemento prefabricado para optimizar el diseño del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2018.	Aplicando procedimientos normados en la elaboración del proyecto, y utilizando un elemento prefabricado se optimizará el diseño del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2018.	Para Merchán, Andrea (2014, p. 30): "El análisis por el método de las dovelas supone que el factor de seguridad es el mismo para todas y cada una de las dovelas, además, en cada una de ellas se deberá analizar el equilibrio de fuerzas que actúan en cada dovela"	El Sistema Dowels está compuesto de dos componentes (placa de acero y funda) cuya función es transferir las cargas en las juntas de los pisos y pavimentos de concreto. Además de ello proporciona una correcta alineación, asegura el movimiento libre de las losas de concreto.	Espesor del Pavimento	Factor de Equivalencia	Norma OACI		
					Fisuras en Pavimentos Rígidos	Dimensionamiento	Método AASHTO		
						Evaluación superficial	Visual		
						Evaluación estructural	Ensayos no destructivos		
						Evaluación de fisuración en estado endurecido	Estudio de tipos	Evaluar el porcentaje mínimo requerido por la norma.	
Problemas Específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable 2 (Dependiente): Diseño de un Pavimento Rígido.						
¿De qué manera optimizaremos la resistencia del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2018?	Aplicar los procedimientos normados en la elaboración del proyecto, para optimizar la resistencia del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2018.	Aplicando procedimientos normados en la elaboración del proyecto, optimizaremos la resistencia del pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2018.	Según el DGIP, (2015, p.15) el pavimento rígido: "Es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de sub-base granular, no obstante esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivos"	Este tipo de pavimento transmite directamente aquellos esfuerzos a la parte sub-base en una forma ya minimizada, propiamente dicho es resistente, para ello la cantidad de concreto tiene que ser controlada, su costo es más elevado que el de un pavimento asfáltico.	Resistencia de un Concreto.	Fluidez del concreto	Cono de Abraham		
							NTP 339.035		
							ASTM C-143		
Resistencia de la compresión	Ensayo de Compresión								
	ACI 318.08								
	NTP 339.034								
¿Cómo las fallas comunes son minimizadas y el espesor de pavimento será optimizada con la utilización de un elemento prefabricado en el diseño de pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2018?	Utilizar un elemento prefabricado en el diseño de pavimento rígido para minimizar las fallas comunes y para optimizar el espesor de pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2018.	Utilizando un elemento prefabricado en el diseño de pavimento rígido minimizaremos las fallas comunes y el espesor de pavimento rígido será optimizada en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2018.			Coeficiente del drenaje	Granulometría	MTC E107		
							ASTM D-422		
							Límites	MTC E110 y E111	
						Clasificación de suelo	ASTM D-4318		
Tamización SUCS									
ASTM D-2487									
¿Cómo el suelo de fundación aportará a optimizar el diseño de pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2018?	Verificación del Suelo de Fundación para establecer y optimizar el diseño de pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2018,	El conocimiento y establecimiento de nuestro suelo de fundación nos garantizará la vida útil en el diseño de pavimento rígido en la pista de aterrizaje del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica – 2018.			Distribución y estructuración sobre las Juntas	Junta transversal y longitudinal	Capacidad de soporte de su suelo	Tiempo de drenaje de agua en la base y sub base	
								Junta dilatante.	Estudio de tipos
									Espaciamientos
							Estudio de tipos		

Anexo 18: Autorización de la versión final del trabajo.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

JOAYZA GUTIERREZ, 25 ANOS CÉSAR

INFORME TITULADO:

*UTILIZACIÓN DE UN ELEMENTO PREFABRICADO EN EL DISEÑO
DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CITA DEL AERÓDROMO DE LA
BASE NAVAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE MARCONA, ICD - DIT*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

03/07/2018


NOTA O MENCIÓN :

16 (Diez y seis)

[Firma]
Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil



Anexo 19: Acta de originalidad de la tesis.

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : FO6-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, **CORDOVA SALCEDO, Felimón Domingo**, docente de la Facultad de ingeniería y Escuela Profesional de ingeniería civil de la Universidad César Vallejo sede norte revisor (a) de la tesis titulada

"Utilización de un Elemento Prefabricado en el Diseño del Pavimento Rígido en la pista del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica - 2017 ", del (de la) estudiante **LOAYZA GUTIERREZ, LEANDRO CESAR** constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/La sucrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima 03 de julio del 2018


.....
Firma
FELIMÓN CORDOVA SALCEDO
.....
DNI: **16647035**



Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

Anexo 20: Autorización de publicación de tesis en Repositorio.

	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, **LOAYZA GUTIERREZ, LEANDRO CESAR** identificado con DNI N° 43794600

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, Lima Norte, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

“Utilización de un Elemento Prefabricado en el Diseño del Pavimento Rígido en la pista del aeródromo de la Base Naval del distrito de San Juan de Marcona, Ica - 2017”;

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



FIRMA

DNI: 43794600

FECHA: 03 de julio del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	---------------------------------

207